

Title	バイオマスリファイナリをより持続可能な地球社会システムとするために：バイオマスの人類共同資源化の可能性に関する考察
Author(s)	山本, 長史
Citation	年次学術大会講演要旨集, 33: 207-212
Issue Date	2018-10-27
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/15573
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

1 G 0 7

バイオマスリファイナリをより持続可能な地球社会システムとするために ～バイオマスの人類共同資源化の可能性に関する考察～

○山本 長史 (神奈川県. 幸福未来社会システム研究者)
takestar@yha.att.ne.jp (個人)、yamamoto.1cp6@pref.kanagawa.jp (職場)

要旨：化石資源に代わる「バイオマスリファイナリ」に関し、これまでは困難とされていた領域についても、実用化に向けた研究技術開発が世界中で急速に進展している（リグニンの成分分別、人工光合成による有用化学物質生成、大気中CO₂からのソーラー燃料生成など）。地表到達太陽エネルギー量は、人類の消費量の3～4桁程多いが、変換効率を考慮すると事実上無限とは言い切れないことに加え、地球上での偏在（特に赤道無風帯を中心とした洋上（公海上）への偏在）を考慮すると、バイオマス一次資源の人類共同資源化を論ずる意義、必要性はあるものと考えられる。これまで人類は、宇宙資源と海洋深海資源について「全人類の共同財産（common heritage of mankind）」とする条約上の合意にいたった経験を持つが、その具体的な管理スキームが成立したのは後者のみで、そこには、条約採択に向けた合意実現方式（複数事項のバンドル）と採択から発効に至る間の日本の姿勢（全ての国に受け入れられることを目指した積極コミット）が注目すべき点（教訓）として挙げられる。洋上での大量水素生成プラントの構想も提案されており、技術開発動向も踏まえると人類共同資源化の議論の開始時期にきているのではないかと。日本は、技術的、歴史的、地理的、経済的側面などから、主導的な関わりをしてもよいのではないかと。過去の教訓を踏まえ、公海上でのバイオマス資源生成拠点と国際レスキュー拠点のバンドル展開を提案したい。（個人研究）

1. はじめに

化石資源に依存する「石油精製」に代わる「バイオマスリファイナリ」の実用化に向けた研究技術開発が、世界中で急速に進展している。バイオマスリファイナリは、遠い過去の太陽エネルギーではなく、同時代の太陽エネルギーに依拠する、基幹的地球社会システムであるので、その早期実現が望まれるが、それがより持続可能なシステムであるためには、研究技術開発の自律的な進展やマーケットメカニズムによる経済的インセンティブ中心の成り行きのみ委ねておいたのでは十分ではなく、政策的な関与が必要な点はいくつかあると思われる。

本稿では、その政策的関与が必要な点の一つとして、

「バイオマス資源（人工光合成など、人工的技術により太陽光を利用して直接生成される有用化学物質を含む）の人類共同資源化の必要性と可能性」について論じてみたい。併せて、「文明の生態史観」（梅棹忠夫）のような着想と、日射量が最も多い地球上のスポットは洋上にあるという指摘を踏まえ、バイオマス資源の人類共同資源化（洋上バイオマス生成）と地球社会貢献を組合わせた日本の主体的関与策についても付言したい。

2. バイオマス資源の人類共同資源化を論ずる意義・必要性

2. 1. バイオマスリファイナリ(バイオマス一次資源の生産・生成)の研究技術開発状況

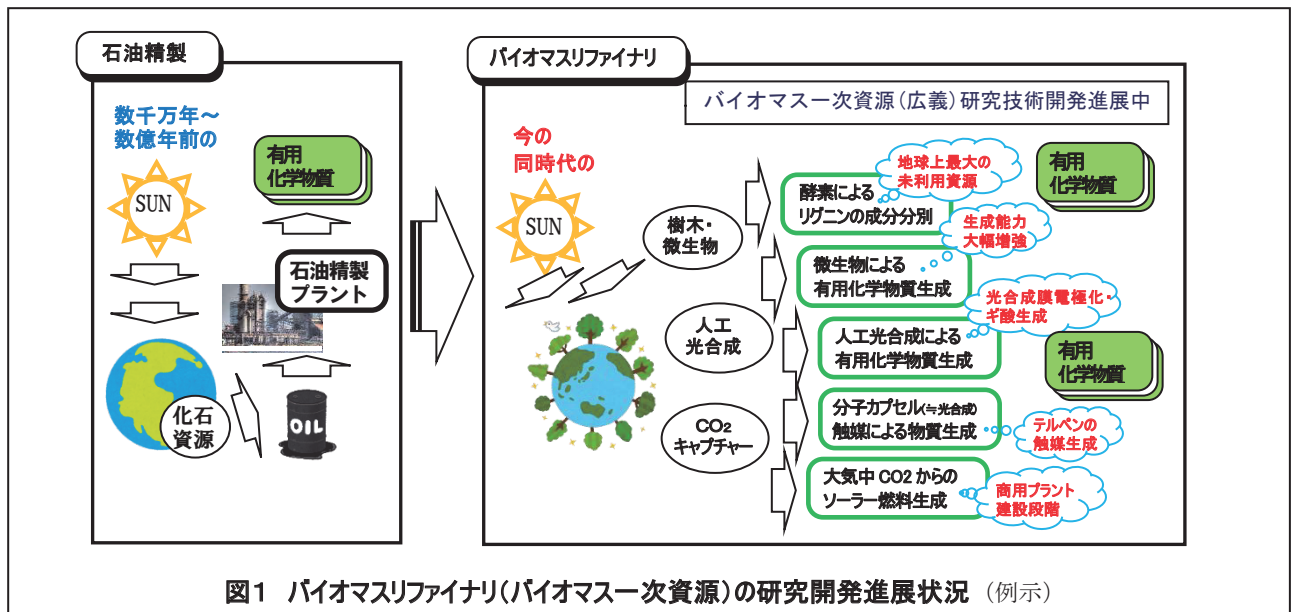


図1 バイオマスリファイナリ(バイオマス一次資源)の研究開発進展状況 (例示)

バイオマスリファイナリには、石油精製と同じように、一次資源の採取（生産・生成）から、加工、利用、廃棄処理、再利用も含めて、多段階のプロセスがあるが、本稿では、バイオマス資源の人類共同資源化の必要性と可能性について論じたいので、ここでは、一次資源としてのバイオマス資源（同時代の太陽エネルギーを利用した有用化学物質の生産・生成という観点から、人工光合成など、太陽光を利用して直接生成される有用化学物質を含む）の生産・生成に関する研究技術開発状況に触れてみたい。

その広義のバイオマス一次資源の生産・生成に関する研究技術開発状況であるが、実用化に向けた研究技術開発が世界中で進展している。図1にいくつか例を挙げたが、

- ・樹木、微生物の領域では、①「酵素によるリグニン（地球上最大量の未利用有機化合物）の成分分別（超アルカリ性リグニン酸化剤）の商品化¹⁾」や、②「微生物による有用化学物質生成能力の大幅増強」（シアノバクテリアによる有用化学物質（エタノール、生分解性ポリエステル等）生成増強技術の実用化研究技術開発²⁾）などが、

- ・人工光合成の領域では、③「人工光合成による有用化学物質の生成」（バクテリア由来光合成膜の電極化による水素とギ酸の生成技術の実用化研究開発³⁾）や、④「分子カプセル（光合成の仕組み）の触媒効果による有用化学物質の直接生成技術の開発」（レゾルシンカプセルによるテルペンの触媒生成⁴⁾）が進められており、

- ・さらには、「大気中CO₂からのソーラー燃料生成」（商用プラントの建設⁵⁾）も行われるようになってきている。

これまでは想定できなかった、あるいは、実用化は困難と考えられてきたような領域や対象物質・技術においても、すでに市場投入されているものや、実用化に向けた実証段階に来ているものも登場してきているということであり、こうした動向を踏まえると、広義のバイオマス一次資源について、将来の夢の技術（したがって将来の夢の資源）という観点ではなく、現実的な実用化も十分に想定した議論

表1 人類のエネルギー消費量（一次エネルギー）と太陽エネルギー（地球表面での利用可能量）の関係

		エネルギー量等
人類の年間エネルギー消費量（一次エネルギー）※1	2016年(実績) (A)	5.56×10^{17} KJ
	2030年(予測) (B)	$6.57 \sim 7.20 \times 10^{17}$ KJ
太陽エネルギー年間到達量(地表到達エネルギー量) ※2 (C)		2.7×10^{21} KJ
人類のエネルギー消費量の地表到達太陽エネルギー量に占める構成比・倍率 ※3	単純計算(2016実績) (A/C)	0.0206% ・ 4,860 倍
	単純計算(2030予測) (A/C)	0.0243~0.0267% ・ 4,110~3,750 倍
	利用効率0.1%~2.5%で計算(2016実績)	20.6%~0.82% ・ 4.9~121.4 倍
	利用効率0.1%~2.5%で計算(2030予測)	24.3~26.7% ~ 0.97~1.07% ・ 4.1~3.8 倍 ~ 102.7~93.8 倍

※1: 資源エネルギー庁、エネルギー白書2018

※2: 山本博巳、山地憲治「世界エネルギー・土地利用モデルによるバイオマス利用可能量の分析」電力中央研究所、1994.7 (1994)。6)

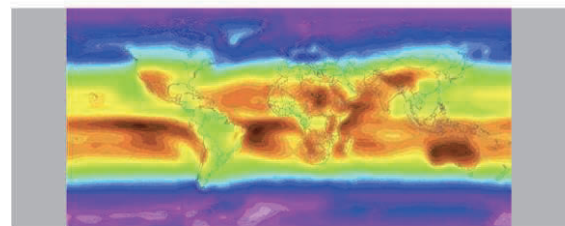
※3: 両者の単純計算による構成比・倍率に加え、自然界の光合成の変換効率(人工光合成.NAVI(<http://www.artificialphotosynthesis.net/henkankouritsu/>)記載の数値をそのまま援用。0.1%~2.5%)を機械的に当てはめた場合の計算も記載。

を行ってもよい段階に来ていると考えられる。

2. 2. 太陽エネルギー消費総量と地球規模での偏在状況

太陽エネルギーが再生可能エネルギーと言われるのは、太陽から地球上に降り注ぐエネルギー量は人類が消費しているエネルギー量と比較してけた違いに（3~4桁程）多い量であるため、事実上無限に近く再生可能（「一度利用しても比較的短期間に再生が可能であり、資源が枯渇しない」（資源エネルギー庁HP））とされているためだが、数値でそのことを確認してみると、表1に示した通り、確かに太陽から地球表面に到達しているエネルギー総量は、2030年に予測されている人類のエネルギー消費量（一次エネルギー）の4,000倍程度と計算される。しかし、問題はバイオマスリファイナリの一次資源として固定されるバイオマス一次資源量（及び直接エネルギーとして利用されるエネルギー量）である。表1に自然界の光合成の変換効率を機械的に当てはめて計算した値を記載したが、当然のことながら、変換効率によっては、人類のエネルギー消費量の構成比率は格段に上昇することとなり、事実上無限とは言いきれないオーダーとなる。現実的な変換効率が今後どうなるのか未知数だが、使用総量に対して何らかの政策的配慮や調整が必要になる可能性は想定しておくべきと考えられる。

それよりも問題なのは、地球上の日射量の分布には明らかな偏りがあることである。地球上全体に広く太陽エネルギーが降り注いでいることから、化石燃料の偏在よりは格段に広く存在することとなるが、緯度による単位面積当たりの地表到達エネルギーの違いに加え、年間を通しての天候の傾向等の影響も強く受けることとなる。NASAが衛星データを基に年間平均地表到達太陽エネルギー量を地図上に表したのが図2⁷⁾である。緯度による帯状の違いも明瞭にわかるが、赤道無風帯を中心として洋上に日射量の最も多いエリアが多く存在していることも注目される。



A map of the world shows the average amount of solar energy reaching each part of the planet on average from 1990 to 2004, ranked by satellite data. — red shows the sunniest regions followed by orange, yellow, green, blue, purple and pink. REUTERS/Ecole des Mines de Paris/Handout.

※NASAが衛星データをもとに、地表に到達した太陽エネルギーの1990年~2007年の平均総量。ロイター、28 Nov. 2007 World's sunniest spots hint at energy bonanza 7) より <https://uk.reuters.com/article/environment-climate-solar-dc-idUKL237687620071128>

図2 地球上の日射量の分布

バイオマスリファイナリは基幹的地球社会システムであること、同時代の太陽エネルギーの利用可能量は必ずしも無限と同様とは言いきれないこと、そして、何よりも地球上の偏在が相当程度（化石資源よりは格段に少ないとしても）あること、さらに、（領有権のない）公海上に太陽エネルギー到達量の最も多いエリアが広く存在していること、これらを考慮すると、バイオマス一次資源（特に公海上で生成されるもの）の人類共同資源化を論ずる意義、必要性はあるものと考えられる。

2. 3. 持続可能な化学物質管理に関する国際的取組の現状

バイオマスリファイナリを含め、化学物質を安全で環境にも優しく、持続可能な形でマネジメントしていくための国際的取組はすでに進められており、山本（2017）では、中でもドイツの国際的研究機関 I S C 3 が意欲的で注目すべき動きをしていることを指摘したところである⁸⁾。

国連 UNEP では、その I S C 3 とも連携しながら、G C O (Global Chemicals Outlook) プロジェクトを進めており、その二期目となる G C O II では、化学産業のトレンドを広く把握した上で、イノベーションの道筋を示すとともに、2030 年までに化学産業が持続可能なものとなるための経済的・法的なフレームワークを案出することとしている。表 2 が G C O の活動項目である。⁹⁾

Emerging issues の説明として、「各国政府が有害化学物質の環境に優しいマネジメントとして特定するグローバルな優先項目」を取り扱うとしており、鉛ペイントや環境ホルモン、高有害殺虫剤、カドミウムといった、現時点で生じている深刻な健康被害や生活環境問題に直結している問題が中心となっている。Emerging issues の中に、サステナブル・ケミストリーという項目もあり、I S C 3、UNIDO 等とともにワークショップが開催（ドイツ政府も資金支援）されているが、公開されている情報の範囲では、本稿で扱おうとしているバイオマス資源の人類共同資源化の議論はまだ出ていないようである。

表2 国連GCO(Global Chemicals Outlook)II が掲げている活動項目(What we do)

項目	内容等
Emerging issues (新たな課題) ※identified by governments on the environmentally sound management of hazardous chemicals	鉛ペイント、製品中化学物質、環境持続性医薬汚染物質、環境ホルモン、高危険性農薬、持続可能な化学(Sustainable chemistry)、鉛とカドミウム
Environment, health and pollution (環境、健康、汚染)	環境と健康の重要課題と関係性への取組み
Mercury(水銀)	水銀の悪影響の最小限化。
Persistent Organic Pollutants (POPs 残留性有機汚染物質)	POPsからの人の健康と環境の保護
Policy and Governance (政策とガバナンス)	SDGsに特に留意した重要な化学物質関連の取組み
Special Programme (特別プログラム)	化学物質や廃棄物に関する国際協定強化の支援

※国連UNEP、GCOホームページ(2018.9)より筆者作成。

3. これまでに人類が行ってきた人類共同資源化の取組み例

3. 1. 取組事例としての宇宙資源と海洋深海資源

人類が領土や資源について、人類の共同利用化や共同資源化を条約レベルで合意に達したのものとしては、南極地域に関する「南極条約」（1959 年採択、1961 年発効）、宇宙空間の天体や資源に関する「宇宙条約」（1966 年採択、1967

年発効）及び同「月協定」（1979 年採択、1984 年発効）、海洋深海資源に関する「国連海洋法条約」（1982 年採択、1994 年発効）が挙げられる。これらのうち、南極条約は、南極地域を「もっぱら平和的目的のため、恒久的に利用」することが「全人類の利益 (in the interest of all mankind)」との認識のもと、領有権主張の凍結と科学的調査の自由と国際協力の促進を協定したものであり、また、宇宙条約も、「平和的目的のための宇宙空間の探査及び利用の進歩」が「全人類の共同の利益 (the common interest of all mankind)」であるとの認識のもと、核兵器や大量破壊兵器を宇宙空間に配置しないことや軍事基地の天体上の設置の禁止、国際協力の促進などを協定したものであり、両者ともそれぞれの地域・空間の「資源」についての規定は存在しないため、ここでは、月協定と国連海洋法条約について触れることとする。

月協定、国連海洋法条約ともに、空間（「月」（地球以外の太陽系の他の天体にも適用）、「深海底」（「国の管轄権の及ぶ区域の境界の外の海底及びその下」）を領有の対象として認めず、存在する資源（「地球以外の太陽系の天体の天然資源」、「深海底の資源」）を「人類の共同財産 (common heritage of mankind)」と規定していることは共通しているが、その共同財産への具体的なアプローチは全く別のもとなっている。

表 3 に示した通り、月協定の方は、協定締結国数は 18 か国にとどまり、主要宇宙開発国は加盟国に含まれていない。締約国は太陽系内天体の天然資源の開発を律する国際レジームの設立を約束することとなっているが、加盟国数が少ないこと、主要宇宙開発国が加盟国に含まれていないことから、国際レジーム設立の義務は実効性を持たず、2015 年に米国が「商業宇宙打上競争力法 (U. S. Commercial Space Launch Competitiveness Act)」を定め、「米国市民は、取得した小惑星資源又は宇宙資源について、保有 (possess)、所有 (own)、輸送 (transport)、使用 (use)、売却 (sell) を含む権限を有する」と規定^{1 2)} するなど、開発者の権利を確保するスキームのみが先行する事態となっている。

一方、海洋深海資源については、条約案採択から発効まで 10 余年の時間を要したものの、条約発効と同じ 1994 年に「深海底の鉱物資源の管理を主たる目的とし、深海底における活動を組織し及び管理する」国際海底機構 (ISA: International Seabed Authority) が設立され（日本は、同機構の最大の分担金拠出国であり、2015 年は約 84 万米ドルを拠出）、人類共同財産としての管理を行うスキームが成立している^{1 3)}。理事会構成国の選出方法や共同資源の開発方式（人類全体の利益のために行う活動方式。先行開発者利益と人類全体への衡平な配分を開発区域の 2 分の 1 を留保鉱区とすることなどで確保）など、具体的な実現手法が合意決定され、実行に移されている。

3. 2. 過去の経験から得られる教訓

宇宙資源と海洋深海資源について、このように結果が正反対になっている背景はなんだろうか。

月協定採択当時の栗原（1983）は、「宇宙と深海海底という科学技術の発達とともに人類の射程距離に入ってきたこの二つの空間における開発活動の法的規制について、殆ど同時並行的に進められてきた国連の立法作業」の成果の事実が「著しく対照的」となったことについて、月協定については、当時の社会的背景として、戦略兵器削減条約

との関係から、特にソ連諸国が「その経済的側面よりも政治的・軍事的側面により多くの力点を置いてきた」（「その他の天体における非軍事化の再確認を強調した」）ことを挙げている（事実、月協定の採決自体は米ソを含む38か国の決議案で、コンセンサス方式で採択されている）。その当時の論説としては、国際レジームの確立よりも、政治的・軍事的合意の明示が急がれたということであるが、結果としてみれば、人類共同資源化の国際レジーム確立の約束に参加したのは締約国18か国のみ（米ソなど主要宇宙開発国は含まれない）であり、早い者勝ち（先行開発者利益保護）が結果として出現したという事実が残った。

一方、国連海洋法条約の方は、人類共同資源化の具体的な実現手法が合意されているが、その合意の議論が行われた「第三次国連海洋法会議」について、村角（1987）は、「手続き規則には投票の制度が規定されているにもかかわらず、実質問題については、コンセンサスにより合意に達するようあらゆる努力が尽くされるまでは投票を行わないとの紳士協定があった」ことと、「条約全体を1つのパッケージにとらえ、各国がある分野で要求を主張する代わりに、他の分野では譲渡するといった取引が行われた」ことを挙げている。また、当時外務省（海洋課）在籍の村角（1987）は、同時に、「我が国も他の西側先進諸国と同

表3 人類が「人類共同資源化」を目指した例

	宇宙条約(参考)	月協定	国連海洋法条約
採択年	1966年12月19日	1979年12月5日	1982年4月30日
加盟国数	107か国 (+署名のみ23か国) (2018年1月現在)	18か国(+署名のみ4か国) ※主要な宇宙開発国は加盟国に含まれない 批准国=アルメニア、オーストラリア、オーストリア、ベルギー、チリ、カザフスタン、クウェート、レバノン、メキシコ、モロッコ、オランダ、パキスタン、ペルー、フィンランド、サウジアラビア、トルコ、ウズベキスタン、ヴェネズエラ 署名のみ=フランス、グアテマラ、インド、ルーマニア (2018年1月現在)	168か国 (2018年3月現在)
発効年(日本に対する発効年)	1967年10月10日 (日本について発効:同日)	1984年7月11日発効 (日本は未加盟。)	1994年11月16日 (日本について1996年7月20日発効(国民の祝日「海の日」))
共同資源化の対象	■宇宙空間の領有禁止のみ(資源についての規定なし)	■地球以外の太陽系の天体及びその天然資源	■国の管轄権の及ぶ区域の境界の外の海底及びその下(「深海底」)並びに深海底の資源
共有に関する規定	第2条 月その他の天体を含む宇宙空間は、主権の主張、使用若しくは占拠又はその他のいかなる手段によっても国家による取得の対象とはならない。 ■「資源」についての直接規定なし	第11条 1. 月 ^{※1} 及びその天然資源は人類の共同財産である。 2. 月はいかなる手段によっても、国家の専有の対象にはならない。 3. 月の天然資源は、いかなる国家、政府間国際機関、非政府間国際機関、国家機関又は非政府団体若しくは自然人の所有にも帰属しない。 5. この協定の締約国は、月の天然資源の開発が実行可能となったときには適当な手続を含め、月の天然資源の開発を律する国際レジームを設立することをここに約束する。	第百三十六条 人類の共同の財産 深海底及びその資源は、人類の共同の財産である。 第百三十七条 深海底及びその資源の法的地位 1 いずれの国も深海底又はその資源のいかなる部分についても主権又は主権的権利を主張し又は行使してはならず、また、いずれの国又は自然人若しくは法人も深海底又はその資源のいかなる部分も専有してはならない。このような主権若しくは主権的権利の主張若しくは行使又は専有は、認められない。 2 深海底の資源に関するすべての権利は、人類全体に付与されるものとし、機構は、人類全体のために行動する。当該資源は、譲渡の対象とはならない。ただし、深海底から採取された鉱物は、この部の規定並びに機構の規則及び手続に従うことによっても譲渡することができる。
合意形成プロセス	(省略)	・1970 アルゼンチン月協定案提出(共同財産案) ・1971 ソ連月協定案提出(共同財産に触れず) ・1971 事務総長、委員会及び小委員会に報告要請 ・1979 国際レジーム設立前のモラトリアムに発展途上国が固執しないことで妥協が成立。米ソを含む38か国の決議案がコンセンサス方式により採択。 ^{※2} ・1984 発効	・1967 パルド大使(マルタ)国連総会演説(人類の共同の遺産。国際機関による平和裏利用検討を提唱) ・1970 国連総会「人類の共通遺産宣言」(正式名「国家管轄の範囲を越えた海底及びその下を律する宣言」)採択 ・1973- 第三次海洋法会議開催。海洋法条約のあらゆる分野に関する包括的な条約を作るために一歩ずつ作業。最終条約草案採択(米国要求による投票)以外はすべてコンセンサスにより決定 ^{※3} ・1982 第11会期最終日に投票(賛成130、棄権17、反対4(米、イスラエル、トルコ、ヴェネズエラ))により採択 ・1994 発効
資源開発方式	—	■協定締約国には、資源開発のための国際レジーム設立義務あり。 ⇒主要宇宙開発国は含まれず、国際レジーム設立義務及ばず。 ■2015.11 米商業宇宙打上競争力法成立(連邦議会可決、オバマ大統領署名)	■1994.11 国際海底機構(ISA)設立 ■開発区域の2分の1を留保区域とする方式、先行投資者資格方式(条約発効時に申請優先権を付与)などにより、先行開発者利益と人類共同資源化(または発展途上国の利益)をバランス

※ 国連各条約事務局 HP、外務省 HP、データベース「世界と日本」(政策研究大学院大学・東京大学東洋文化研究所)HP、などから筆者作成。

※1 地球以外の太陽系の他の天体にも適用される。

※2 月協定の合意形成プロセスについては、主に栗林忠男「月協定の成立とその意義」¹⁰⁾による。

※3 国連海洋法条約の合意形成プロセスについては、主に村角美絵「国連海洋法条約の成立とその意義」¹¹⁾による。

様、この条約の深海底開発制度は必ずしも満足できるものとはなっていないと考えているが、我が国としては、むしろ条約締結国として条約の発効に備えて諸々の作業を行うために設立された準備委員会に積極的に参加して、国際海底機構の「手続規則や深海底鉱業の開発規則作り等の作業を通じて、条約第 11 部（深海底）がすべての国に受け入れられる形で有効に機能することを確保しよう」との方針で努力を重ねている」とも述べている。月協定と異なり、こちらの方の結果としては、条約案採択から発効まで 12 年という時間はかかったけれども、168 か国という多くの国（及び EU）の加盟を得て、国際海底機構（ISA）の設立も含めた、人類共同資源化のための具体的な手法が確立されたという事実が残っている。

宇宙資源と海洋深海資源の両者の結果の違いを考える際、村角が指摘している、複数の事項をバンドルにして合意形成を図るという手法（条約全体を一つのパッケージとしてとらえ、全体での合意形成という上位目標を維持し続けたこと）の有効性が注目される。また、条約案採択から発効までの間の日本の姿勢（全ての国に受け入れられることを目指した規則作りなどへの積極コミット）にも注目したい。採択から発効するまで 12 年もの歳月を要した理由として、『『人類の共同の財産』とされる深海底の管理・開発に関する規定をめぐって、多くの先進国が批准に消極的だった』（外務省 HP）ことが挙げられているが、村角が指摘したような「条約第 11 部（深海底）に関する実施協定の追加採択」により発効が実現できたとされており、その実現努力の重要性に注目したい。

4. バイオマス一次資源の人類共同資源化に向けて

4. 1. 人類共同資源化に向けた議論開始の必要性

確定的な議論ができるわけではもちろんないが、バイオマス一次資源の人類共同資源化に向けた議論を開始する必要性について、これまで触れてきたことをまとめてみたい。

議論開始のタイミングとして問題になるのは、解決に必要な時間の長さではない。海洋深海資源について、人類共同財産化をパルド大使が提唱してから条約発効まで 27 年、四半世紀以上の時間を要しているが、問題は合意形成にどのくらいの時間がかかるか（合意形成のどのくら

い前から議論開始をすべきなのか）ということではなく、資源開発技術の進展度合に間に合うタイムスケジュールで議論が開始できるかどうか、結果としての合意に達することができるかどうか、ということではないだろうか。

地表に降り注ぐ太陽エネルギーの偏りについて、公海上に到達量の最も多いエリアが広く存在していることは前述したとおりだが、赤道無風帯に大型のバイオリクターを浮かべ、化石燃料の数分の 1 に相当する水素を生産する将来構想も提案されている¹⁴⁾。すでに見たように、昨今の実用化に向けた研究技術開発の進展速度の急激な加速具合を考えると、バイオマスリファイナリ（バイオマス一次資源生成）について、基幹的地球社会システムをより持続可能なものにするという視点での議論、人類共同資源化に関する議論が開始されるべき時点にきていると言っ

よいのではないだろうか。宇宙資源のように先行開発者の権利確保のみの道を歩むのか、海洋深海資源のように人類共同資源化の具体化に向けたアクションを開始するのか、その判断が求められる時点で我々人類は到達しているのではないだろうか。

4. 2. 日本発地球社会貢献に向けて一洋上レスキュー拠点とのバンドル構想案一

最後に、バイオマス一次資源（公海上で生成されるもの）の人類共同資源化に関する日本の貢献について触れてみたい。

日本は、①技術的側面（人工光合成などバイオマス一次資源生成に関する研究技術開発について世界をリードするポジションに居ること。海洋国であることから海洋利用に関する研究技術開発（及び技術の蓄積）についても同様であること）、②歴史的側面（国際海底機構の規則形成など、海洋資源利用の国際協調利用に関する主体的役割を發揮してきたこと）、③地理的側面（港湾基地等大洋利用上有利な地理的位置にあること）、④経済的側面（GDP 要素に加え、国際海底機構の最大の拠出国であるなど、国際機関に対する経済的貢献度が大きいこと）などから、公海上で生成されるバイオマス一次資源の人類共同資源化に主導的な関わりをしてもよいのではないかと

また、山本（2017）でも触れたことだが、かつて安西祐一郎慶應義塾塾長（当時）は、ロボティクスや IT に関す

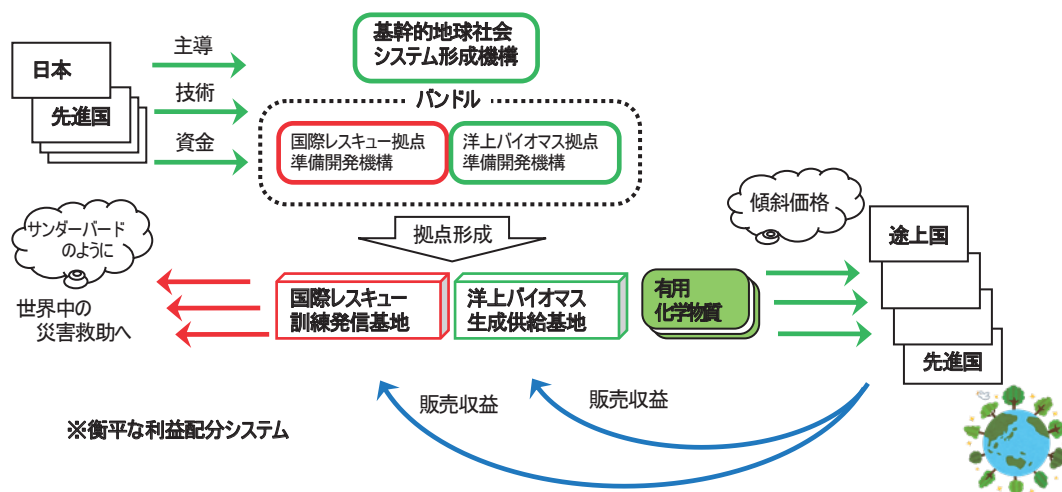


図3 洋上バイオマス生成拠点と国際レスキュー拠点を組合わせた人類共同資源化プロジェクトイメージ

る研究開発の蓄積とその応用フィールドとしての災害経験・救助経験の蓄積から、日本はレスキューシステムを産業として成立させながら、そのノウハウを他の国々に移植していく「世界の消防署」となる資質と可能性を秘めていると述べているが¹⁵⁾、先に触れた「上位目標の維持」と「複数事項のバンドル」という視点から、公海上でのバイオマス資源生成拠点と国際レスキュー拠点の形成をバンドルで展開するというシナリオは考えられないだろうか。「文明の生態史観」(梅棹忠夫)のような着想からの発案である。

図3がその着想をイメージとして記したものである。

人類共同資源化が実現した際、そのことだけのシングルイシューである場合には、事業主体の利益の配分問題(衡平な配分)について、直線的なパイの取り合いになってしまうが、レスキュー、災害救助をバンドルにすれば、利益の使途がクリアとなる上、経済的弱者社会的弱者への傾斜配分が自律的に起こるメカニズムが内在化されることとなる。十分検討に値する発案と考えるが、どうだろうか。

5. おわりに

基幹的地球社会システムであるバイオマスリファイナリがより持続可能なものであるためには、バイオマス一次資源の人類共同資源化の必要性の議論と、(必要であるとされた場合の)実現プロセスに関する検討がなされる必要があると考えている。「common resources of humankind」と呼ぶのがいいのか、海洋深海資源がそう呼ばれたように、あるいは、(長期間利用やカスケード利用も含めて)将来世代に引き継いでいくという思いを込めて「common heritage of humankind」と呼ぶのがいいのか、そんな議論が起こる日を楽しみにしている。人工光合成や大気中からのCO₂キャプチャーによる有用化学物質生成など、新たなバイオマス一次資源生成の実用化、商用化に向けた研究技術開発が加速している中、本稿が、次世代の地球社会システム形成に少しでも貢献できれば幸いである。

文献

- 1) Veera Hämäläinen, Toni Grönroos, [...], and Klara R. Birikh* *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* "Enzymatic Processes to Unlock the Lignin Value". <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5874288/>, Published online 2018 Mar 22
- 2) 日原由香子ほか「多彩な戦略で挑むシアノバクテリア由来の燃料生産 持続可能な第三世代バイオ燃料生産の最前線」、日本農芸化学会『生物と化学』Vol. 55. No. 2. 2017
- 3) 大阪市立大学(人工光合成研究センター)プレスリリース「人工光合成研究成果 二酸化炭素を削減しながら太陽光で発電するバイオ燃料電池の開発に成功」(スピルリナ由来の光合成膜を固定した電極とギ酸脱水素酵素を固定した電極とを連結し、可視光照射により、発電しながら同時に二酸化炭素を削減しギ酸を生成する機能を持つバイオ燃料電池の開発に成功。本研究成果は、2018年4月25日に化学誌『New Journal of Chemistry』にオンライン掲載)、2018.4.25
- 4) Konrad Tiefenbacher, University of Basel's Department of Chemistry のホームページ、<https://nanocat.chemie.unibas.ch/en/research/>。2018.8
- 5) Carbon Engineering 社ニュースリリース、12 Jul Carbon Engineering raises \$11M to commercialize its technology that creates clean fuel from air. 12, July 2018
- 6) 山本博巳、山地憲治「世界エネルギー・土地利用モデルによるバイオマス利用可能量の分析」電力中央研究所、1994
- 7) NOVEMBER 28, 2007 / World's sunniest spots hint at energy bonanza, Reuters 2007

- 8) 山本長史、「バイオマスリファイナリをより持続可能な地球社会システムとするために：政策的関与強化の必要性と期待」、研究・イノベーション学会『第32回年次学術大会講演要旨集』、pp770-773、2017
- 9) UN Environment, Global Chemical Outlook ホームページより(2018.8) 2018
- 10) 栗林忠男「月協定の成立とその意義」、慶應義塾創立一二五周年記念論文集：法学部法律学関係 pp197-221、1983.10
- 11) 村角美絵「国連海洋法条約の成立とその意義」日本造船学会誌 第698号、pp420-425、1987
- 12) 国立国会図書館調査及び立法考査局「科学技術に関する調査プロジェクト2016 報告書 宇宙政策の動向」、2017年3月 2017
- 13) 外務省ホームページ、外交政策>>国際社会における法の支配 > 国際海底機構 (ISA: International Seabed Authority) より 2018.9
- 14) 井上和仁、人工光合成への道筋(1)-生物学からのアプローチ 夢の新エネルギー「人工光合成」とは何か、光生物学協会編 井上晴夫監修 第4章 pp103-120、2016年8月 講談社ブルーバックス。(2016)
- 15) 国際レスキューコンプレックス構想等検討委員会「国際レスキューコンプレックス (IRC) 推進計画に関する報告書」巻頭言、神奈川県、2002.7