

縮小社会通信 第7号

2020年10月29日

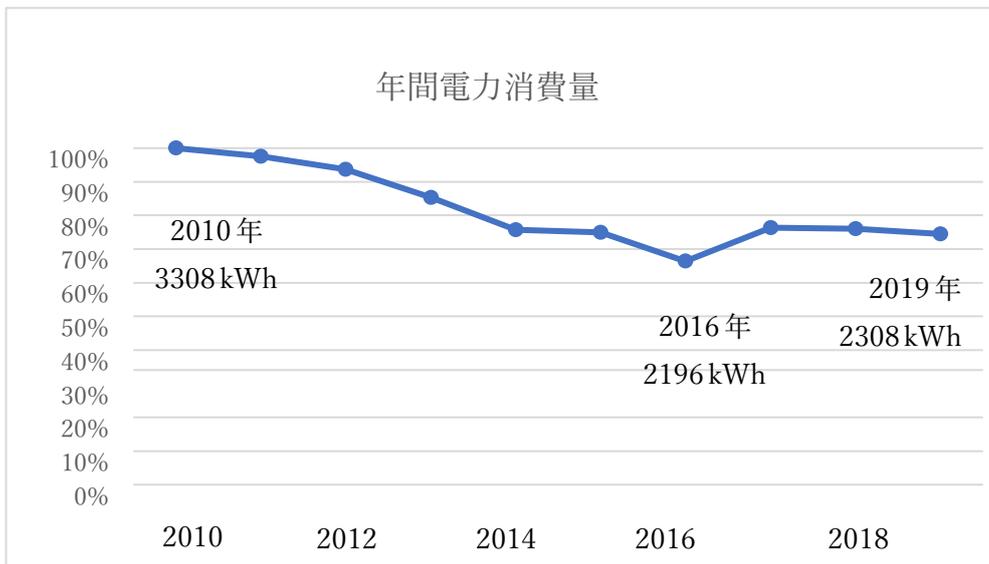
目次

家庭でできる電力消費の節約	宇山親雄	1
大規模災害続発下の学校像—縮小社会における学びの拠点持続の視点から	葉養 正明	3
COVID19 について勉強したことや、今なすべきことなど雑感 1	漁野 亨	19
マイクロプラスチック問題はプラスチック産業の脱皮を促す	五十嵐 敏郎	27

家庭でできる電力消費の節約

宇山親雄

わたしは2011年3月に起こった福島原発の大爆発をきっかけに、これまでの電力消費のありかたを変えました。要するに、不要な電灯を消し、テレビを見ないときは消すというだけのことです。2010年の電力消費量の記録が残っていたのでそれ以降の消費量との比較をしました。その結果わかったことは、2014年以降は2010年の年間電力消費量に比べ約75%前後で推移していることです。ガスの消費量は比べていませんが、おそらく大きな減少はないと思います。これは電灯やテレビのようにつけっぱなしにすることがないからです。



上のグラフは2010年から2019年までの年間の電力消費量の推移を示しています。わたしの家は南向きのマンションです。北向きの部屋と南向きの部屋の間には窓がないダイニングキッチンがあり、ここは食事時しか電灯をつけません。南向きの部屋、つまり居間は昼間でも照明をつけます。また、わたしが書斎として使う北向きの部屋も照明が必要です。家族は妻と二人です。妻は読書三昧の生活をしているので、家事以外の時間は居間で本を読んでいます。わたしも書斎で古文書を読んだり、調べ物をしており、散歩に出かける時と昼寝の時以外は書斎におります。テレビを見るのは朝食時にニュースを約20分、昼食時にも約20分、夕食時に20分、そしてテレビ映画を約2時間、合計約3時間テレビ(157W)のスイッチが入っていることになります。テレビのオン・オフはリモコンまかせにせず電源を切るようにして、待機電力(0.07W)の消費を抑えています。待機電

力の年間消費量は537WHになり、これを全国規模に広げると無視できない消費量になります。ここで待機電力が日本中でどの程度になるかを見積もってみました。待機電力はわたしのテレビのそれを適用しました。その結果、190万世帯分の待機電力が100万キロワットの発電所一機分に相当することが明らかになりました。ついでに、自宅の電気製品は、テレビ、洗濯機、デンシレンジ、ラジオ2台、冷暖房機3台、パソコン2台、換気扇3台、炊飯器、掃除機、天井照明器具11（便所、風呂場、洗面所、玄関、炊事場、廊下を含む）です。

上に述べた節約法は、最初は煩わしいかもしれませんが、習慣化すると負担にならないものです。しかし、それでは不満な方のために、年間の節約電力料金を計算しました。電力料金の計算は複雑です。関西電力の場合、ガス料金と組み合わせで別の料金体系をつくっています。ここでは単純化して、関西電力の家庭向け2020年10月分の電力料金表を基に計算しました。2010年の月平均消費量276kWhと、2014年から'19年の月平均消費量201kWhとの差75kWhを金額に換算しました。夏期とその他の季節とは単価が異なるのでそれも考慮して年間の総差額を求めると29,310円となりました。

別の角度から見てみましょう。電力計画 .COM のホームページ (<http://standardproject.net/energy/statistics/energy-consumption-day.html>)には二人世帯の年平均電力消費量が記されている。それによれば3840kWhであり、わたしの自宅の2019年の消費量は2411kWhであって、二人世帯の平均電力消費量の約63%です。すべての世帯にわたしのような節約法を押しつける気はありませんが、今からでもすぐに取りかかれる方法はあると思います。以上、個人ができるエネルギー消費の節約法についてのべました。案外、うっかりしている無駄なエネルギー消費があるのではないかと思い記しました。

大規模災害続発下の学校像—縮小社会における学びの拠点持続の視点から

葉養 正明

はじめに

本稿は、大規模災害の続発、少子高齢化・人口減少社会の到来、国・地方の財政逼迫、そして Covid-19 の拡大などを踏まえ、中長期的に学びのシステムを持続させるための「学校像」ⁱへの迫り方に焦点を置き、縮小社会における学校像について考究を進めようとする試論であるⁱⁱ。

Covid-19 の抑止を目指したワクチンや治療薬の開発は急ピッチで進んでいる。しかし、終息にはかなりの時間がかかる、という言説を踏まえ、「with コロナ」の生活様式の定着こそは我々が模索すべき課題、という認識が社会全般に広がっている。もっとも、大規模災害の発生そのものは我が国の歴史の一断面と云ってよいが、Covid-19 が地震や津波、大規模火災、集中豪雨等のこれまでの大規模災害と異なる点は、人や動物の接触によって伝播する性質の災害であり、終息や抑止には、対人的関係性等の人間社会のありよう（生活様式）そのものを根本的に考え直すことを余儀なくさせる点である。

そこで本稿では、学校を場としての「新しい生活様式」を生み出す観点に拘泥しながら、「with コロナ」下での学校のあり方を検討するためのいくつかの観点の導出を試みることにしたい。

○Covid-19 下の学校閉鎖

Covid-19 が国際社会に蔓延し始めた当初、子育て・教育領域で広がったのは学校閉鎖 (school closure) の措置であった。海外の事例を見ると、都市封鎖 (ロックダウン) が適用されたエリアのみならず、広範囲な地域で学校閉鎖が措置されてきた。我が国でも、安倍首相により臨時休業要請 (2020 年 2 月 27 日) が行われ、翌 28 日に「新型コロナウイルス感染症対策のための小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校等における一斉臨時休業について」と題する通知が文科省から発出されたため、全国各地で 3 月 2 日頃からの一斉臨時休業が始まった。この一斉臨時休業は通常の春休み明けには解除されることが想定されていたが、4 月に入ってから緊急事態宣言の発出、5 月に入ってから緊急事態宣言の延長などにより、各地の学校再開は 5 月の連休明けないしは 5 月末までずれ込むことになった。

国際社会に広がる学校閉鎖の動きに対し、Unesco は早速「学校閉鎖の懸念」と題するレポートを公にしている (2020 年 3 月)ⁱⁱⁱ。以下のような概要を含む。

「学校閉鎖の弊害」(Unesco, 2020 年 3 月)

学校の閉鎖は、一時的なものであっても、社会的・経済的に大きな費用を伴う。

それがもたらす影響は地域社会全体に及ぶが、とりわけ不利な環境の中の少年少女たちやその家族に、深刻である。

学校の閉鎖が有害な理由のいくつかは、以下に示している。その指摘項目は網羅的では決してないが、学校の閉鎖が私たちすべてにとってなぜ問題なのかを示している。

① 学習の中断

子どもの成長発達の機会の剥奪、それは、不利益な環境にある大きくなる。

② 栄養

学校給食がなくなり、適切な栄養の保障がおろそかになる。

③ 保護者は、遠隔教育やホームスクーリングになれていない

家庭での子どもの学習手当が親に求められるが、それになれていない家庭での子どもの学習機会の不平等。

④ デジタルな学習への機会の不平等

インターネット環境への家庭間格差による学習の阻害。

⑤ 子ども保育における家庭間の格差

働き続ける家庭では、学校閉鎖になると子どもが取り残される可能性があり、問題行動などに導かれる懸念も生ずる。

⑥ 経済的コストの高さ

学校が閉鎖された際に就業ができなくなることによる経済的な負担の増大。

⑦ 健康や介護システムへの意図せざる負担

学校が閉鎖された際に子どもの養育への負担が女性に重くのしかかり、(女性が担いがちな)介護領域における医療分野の専門家の負担の増大。

⑧ 開校している学校や学校システムへの負担の増大

開校している学校と閉鎖した学校とが共存することで、開校している学校には過度の負担を及ぼす。

⑨ 学校閉鎖が長期化した際の学校再開時での不登校率の増大

⑩ 学校閉鎖による子どもの社会的孤立

学校は社会活動や人々との交流のためのハブであり、学校閉鎖で子どもたちは、学習や成長に不可欠な社会的結びつきを失う。

我が国における「一斉臨時休校」の効果の本格的分析はまだ緒に付いたばかりの段階と言ってよいが^{iv}、OECDが指摘する学校閉鎖の「懸念」項目は、我が国の調査研究でも考慮すべき視点を含んでいる。

さらに、海外ではCovid-19下での学校閉鎖が子どもの教育達成等にどのようなインパクトを与える可能性があるかについてのシミュレーション研究も出現している。たとえば、Brown大学を中心にした研究もその一つである^v。

米国のBrown大学を中心にした研究者集団による調査研究は、全米を対象に

した生徒の学力データを基礎に、「学校閉鎖」がもたらす効果に計量分析を加える。Covid-19 の発生が伝えられた直後にいち早く研究に取り組んだ事例としては希有な例、と言ってよい。学力に関わるマスデータを活用し、各種の「学校閉鎖」が生徒の学力にどのようなインパクトを与えるかについての推計も実施し、教育委員会や学校の今後の取り組みに重要な示唆を与えている。なお、同論文には冒頭に概要が掲載されるので、調査研究全体の紹介のため以下に掲載しよう^{vi}。

「Covid-19 のパンデミックをうけて、米国では5500万人の生徒が就学できない状態になり、学校や家族のニーズにどう対応するかという課題に直面し教育システムは揺れている。それは、秋口に、該当する生徒たちが通常の年に比して学習がおびただしく遅れる可能性がある事態を避けるため、どう計画を進めればよいかという問題を含む。しかし、教育界のリーダーは、学校閉鎖によってどの程度の影響がもたらされるかについてのデータをほとんど持ち合わせていない。Covid-19 による学習の立ち後れは、現代には前例がないものであるが、学校教育を受けられない（不登校、通常の夏休み、学校閉鎖による）ことにより学習にもたらされる影響に関する既存の研究は、パンデミックに起因する学習の阻害を推測する手がかりを与える。本研究では、Covid-19 に関連した学習の阻害や2020-2021年度の学力スコアに対するCovid-19の潜在的効果の予測を行う。その作業は、(a)先行研究文献による予測、(b)500万人の生徒の通常夏休みにおける学習パターンの分析、に基づく。これらの予測に基づくと、生徒は、通常の学年暦に比すると2020年秋には国語の修得状況は63~68%の状況で学校に復帰し、数学では37~50%の修得状況で復帰する可能性が高い。しかしながら、Covid-19による学校閉鎖中に失われた学習は一般的というのではなく、上位1/3の生徒は国語の修得を潜在的には高めると予測している。以上のように、2020年秋口に準備するには、教育者の課題は、勉強が遅れている生徒を支援する方法を考えることであり、今後さらに授業の進め方を個性化・個別化することであろう。」

Brown大学を中心にした研究者チームによる以上の研究は、計量分析の方法等細部に立ち入った考究も進められる。Covid-19発生に対応する、という緊急性を背景にしているために、後日クリティカルな論考も出てくることも予測される。しかし、秋口にさしかかる現時点で「学校閉鎖」のインパクトについてデータ分析している、という点で、掲載されるデータには注目に値するものもある。

そこで、筆者が注目している2つのデータを以下に掲載することにする。最初のデータは、Brown大学を中心にした調査研究で、学校閉鎖のパターンと教育達成との関係を分析したデータである。

<図1 夏休みや Covid-19 に起因する学校の休みが数学学力にどう影響するかに関する推計>

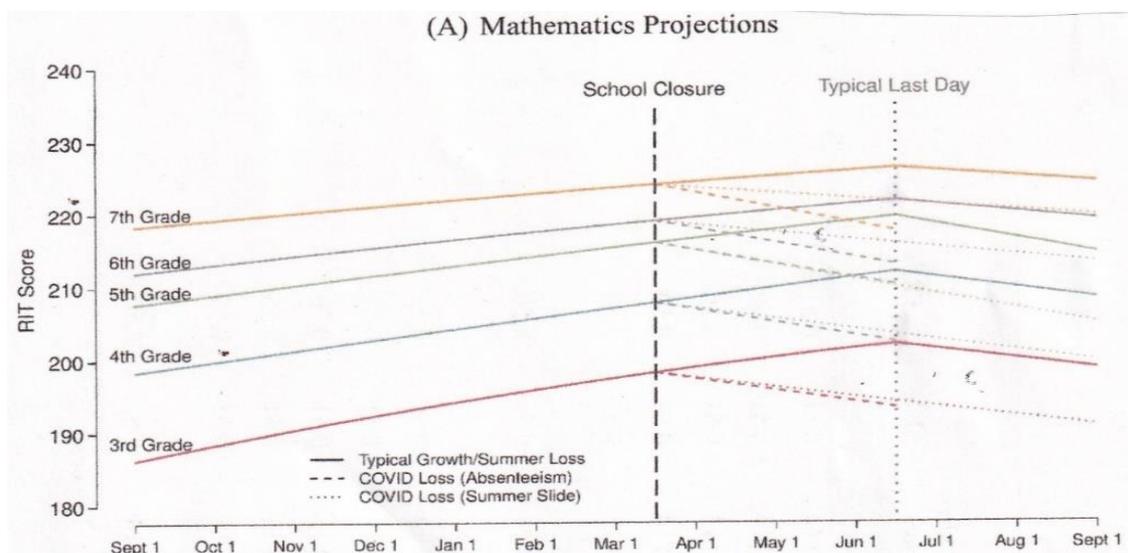


図1は、縦軸に RIT Score^{vii}、そして、横軸に調査時期を示している。数学についてのデータである。同図が示すのは、学校閉鎖後の RIT score が、通常の夏休みの場合と Covid-19 による学校閉鎖による場合とでは明確に異なった推移を辿ることである。なお、この図は計量分析を通じてマスメータを踏まえ作成されており、恣意的な作図とは異なる。また、Covid-19 に起因する学校閉鎖の場合にも、その学校閉鎖の背景や方式による推移に差異が生ずることが見て取れる。

<表1 通常の秋の学力状況と Covid-19 下の 2020 年秋の学力の推計>

Fall 2020 Score Projections Under "Typical" and COVID-19 Conditions

Grade	Subject	"Typical" Fall Scores			COVID-19 (Summer Slide) Projected Fall Scores		
		M	SD	Perc.	M	SD	Perc.
4	Mathematics	199.20	13.90	0.49	191.32	15.24	0.28
5	Mathematics	209.12	15.30	0.50	200.53	16.08	0.29
6	Mathematics	214.41	15.59	0.49	203.04	15.40	0.23
7	Mathematics	220.69	17.27	0.51	215.10	17.65	0.38
8	Mathematics	226.21	18.46	0.50	221.76	18.89	0.43
4	Reading	196.13	15.98	0.49	191.98	19.06	0.39
5	Reading	203.81	15.63	0.49	200.82	18.52	0.41
6	Reading	209.70	15.41	0.49	207.29	18.37	0.43
7	Reading	213.82	15.58	0.49	211.96	18.36	0.45
8	Reading	217.64	15.68	0.49	216.40	18.27	0.46

Note. M=Mean, SD=Standard deviation, and Perc. = Percentile score under NWEA's 2020 Norms (Thum & Kuhfeld, 2020). Scores are reported for Grades 4-8 because we are tracking cohorts of students who are in Grades 3-7 in 2017-18 into the fall of 2018, so results are only reported for the subsequent grade levels (e.g., Grades 4-8).

次に、表 1 は、第 4 年生から第 8 年生の数学と国語のスコアを、通常の学年歴を辿った場合と Covid-19 により夏休みが長期化した場合とを対比し示している。平均、標準偏差、パーセンタイル・スコアを一覧にしている。同表から読み取れるのは、①通常の夏休みに比して Covid-19 により夏休みが長期化した場合、学年や教科を問わず平均値が落ち込む、②標準偏差を見ると全体的に数学も国語も Covid-19 下では大きくなり、子ども間の学力の散らばりが拡大する傾向が見られる、③パーセンタイル・スコアは、Covid-19 下では数学の落ち込みが相対的に大きい、国語も落ち込む傾向が現れており、子どもの学力が低下する可能性を示している。

○学校閉鎖の効果と縮小社会下の学びの拠点持続のための設計

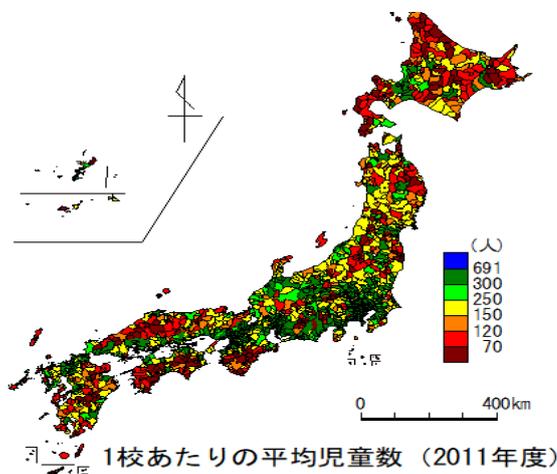
以上掲載した Unesco や Brown 大学の報告書や論文は、いずれも学校閉鎖が教育達成等に負の効果や及ぼす可能性を指摘している。しかし、さらに上掲論文等は、学校閉鎖があらゆる子どもに均一の効果や及ぼすのではなく、子どもの家庭環境、学校閉鎖以前の子どもたちの学力階層等による効果の差異にも言及している。

そこで、次に縮小社会における学びの拠点持続のための設計に向けて、二つの観点からの考察を加えよう。

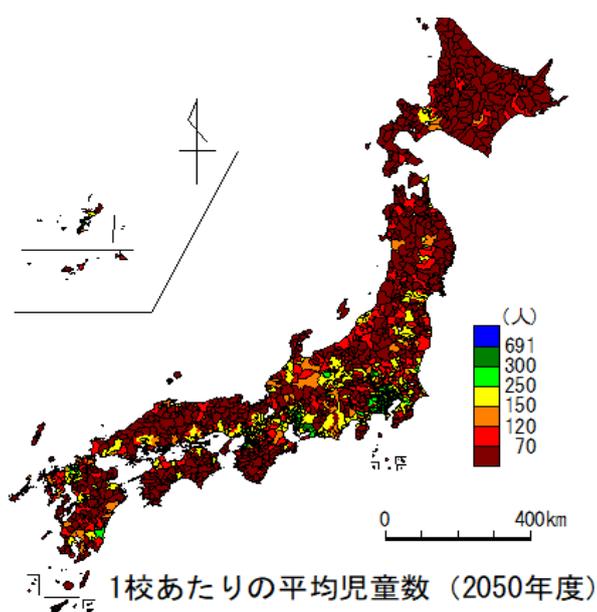
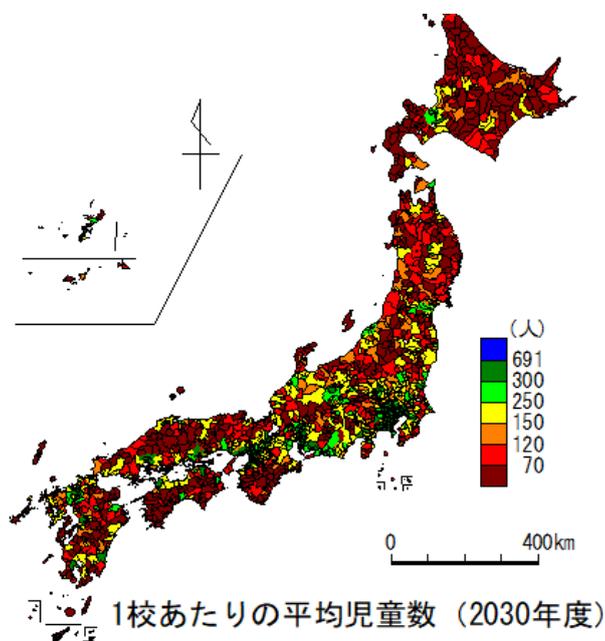
縮小社会論には、少子高齢化・人口減少を避けられないトレンドとしてとらえる観点が含まれる。その視点からは、小学校 20000 校、中学校 10000 校、高校 5000 校、大学 800 校（いずれも概数）という学校システムの縮減や学校の配置の見直し問題がまず浮上する。学校の適正規模^{viii}という概念から出発すれば、子ども数の減少は学校数の縮減に結合するからである。

そこで、まず第一に、国立社会保障人口問題研究所の人口推計に基づく児童生徒数推計

<図 2 国立社会保障人口問題研究所の人口推計に基づく市区町村別 1 校あたり児童生徒数推計>

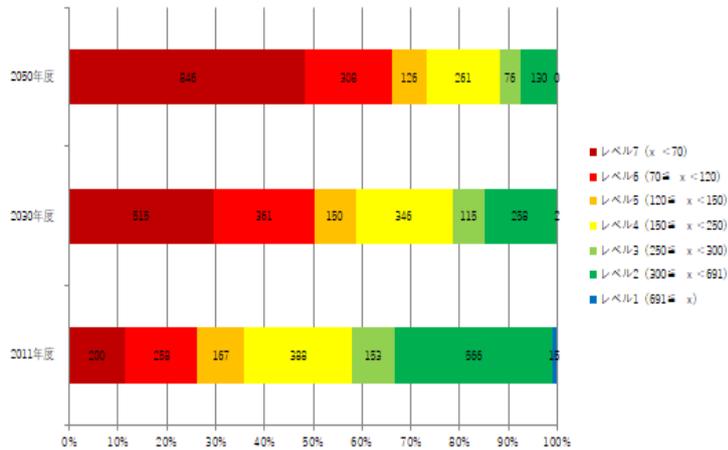


(市区町村単位) と 2011 年度の市区町村別小中学校数を活用し、全国約 1750 市区町村の学校規模水準の分布割合を 2011 年、2030 年、2050 年を想定し描いてみよう^{ix}。

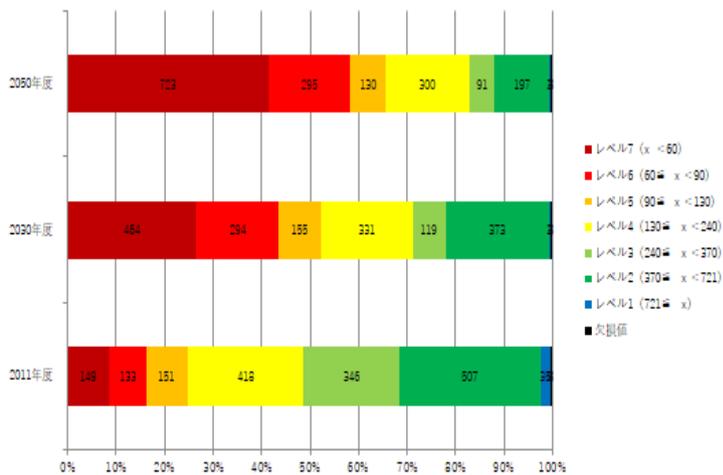


<図3 全国市区町村の小中学校1校あたりの児童生徒数の年次推移>

各市区町村の小学校1校あたり児童数の散らばり（総括表）



各市区町村の中学校1校あたり生徒数の散らばり



以上の児童生徒数動態が示すのは、学校数を圧縮しない限り学校規模は止めどなく落ち込む可能性があることであり、郡部や離島については、学校教育の方式、方法を根本的に転換せずしては子どもの学びの拠点担保が困難になる可能性が高いことである⁸。

第二に示そうとするのは、市区町村教育委員会が学校統廃合政策を進めるに際しての廃校選定基準に関する調査データである^{xi}。

まず学校統廃合実施事例を取り出して実施された教育長対象の「公立小中学校の廃校選定基準」に関する全国調査のデータを見てみよう。

調査結果の概要：

- ① 小学校規模のあり方については、「現在の国の標準が適正だと考える」自治体は50.3%に達するが、半面、「都市部と郡部で学校規模の基準を分けて設けるべきだ」とする自治体も35.6%存在しており、さらには、「子どもの価値観や行動様式が多様化しており、個性を尊重する指導も必要なことなどから、学校規模は、今よりも小さい規模を標準とすべきだ」とする自治体は19.4%に及ぶ。中学校規模についても、同様な傾向が見られる。
- ② 小中学校の規模の標準については、学校教育法施行規則に定められているが、学校全体の学級数で規定する方式の是非については、現行の方式を支持する意見が72.2%、「各学年の児童生徒数の標準を定める方式への転換」を支持する意見が17.8%となっている。
- ③ 学校統廃合の対象地域・対象校の選定の仕方について複数回答可でたずねたところ、「減少の著しい地域を選定」が66.1%、「統合後の通学保障のシミュレーションを基礎に」が52.6%、「自治体の総合計画の一環として検討を進める」が46.4%、となっている。
- ④ 廃校となる学校の選定については、「児童生徒数の少ない学校を選定」が59.1%、「通学保障を優先し、道路の状況や通学距離・時間を勘案」が57.9%、「コミュニティ施設の総合的な配置計画を基礎に選定」が27.2%、となっている。
- ⑤ 学校統廃合に関連した情報の提供の仕方については、「保護者や地域住民等が参加した審議組織の答申に学校統廃合の方針、対象地域、対象校すべてを盛り込む」方式がもっとも支持を集め、58.1%となっている。
- ⑥ 小中学校の規模縮小が継続した場合の対処の仕方については、「困難はあっても適正規模の維持を基本として統合方策を進める」がもっとも支持を集め63.4%、次いで、「学校規模の小ささを生かす」が26.8%、「生涯学習施設などとの複合を進め、児童生徒数の減少が限度に達するまで維持を図る」が26.2%となっている。
- ⑦ 20年後の小中学校配置についての基本的な考え方としては、「適正規模の維持を優先し、バス通学や寄宿舎等の導入を進める」が40.9%であるのに対し、「標準学校規模の維持を基本にしながらも、地域によっては通学条件や文化拠点・防災拠点としての性格を優先して臨むべきだ」が40.5%、

というように考え方が割れている。なお、コンパクト・シティーの発想やICT等の情報網を活用しての対応策については、それぞれ3.9%、6.1%、になっており、支持する自治体は少ない。

- ⑧ 公立幼稚園の統廃合実態については、「実施した」自治体が34.2%、「実施していない」自治体が34.2%で拮抗している。
- ⑨ 保育所との関係での幼稚園の再編成については、「幼稚園と保育所とは制度的性格が異なるので、幼稚園の配置と保育所の配置とは切り離して検討する」が47.9%でもっとも支持されている。

以上には、調査全体の概要をまとめているが、本稿に特に関連する「廃校の選定の仕方」（表2）について、教育長に支持される項目を多い順に列挙すると次のようになる。

- 第1位：児童生徒数の少ない学校を優先して選定するのがよい（289人、59.1%）
- 第2位：学校が廃校となった場合の子どもたちの通学保障を優先して、道路の状況や廃校にした場合の通学距離・時間を勘案して選定するのがよい（238人、57.9%）
- 第3位：本自治体の幼稚園、小学校、中学校や公民館、図書館、児童福祉施設、その他のコミュニティ施設などの総合的な配置計画を基礎に選定を進めるのがよい（133人、27.2%）
- 第4位：校舎の耐用年数や耐震工事の実施状況を勘案して選定するのがよい（131人、26.8%）

支持が大きい項目としては、以上4位までが突出している。しかし、以上の項目には、「学校閉鎖の弊害」としてあげられる、「不利益な環境にある子どもの学習機会の剥奪」に直接抗する可能性がある項目は見当たらない。

上記のアンケートで「不利益な環境にある子ども」の発生を抑制することと関連が深いのは、

- ・保護者や地域住民の学校の気風や学力水準の状況等に対する評判を勘案して選定を進めるのがよい（35人、7.2%）
- ・統合の対象地域や対象校の中で、地理的に中心点からはずれた学校を選定するのがよい（33人、6.7%）

であると思われるが、教育長の支持はいずれも少数である。

以上の二つのデータから読み取ることができるのは、少子化・人口減少下では、一定のレベルの教育活動^{xii}を担保するには、学校システムの再構築が避けられないことである。しかし、その際学校規模基準のみに依拠する場合には、過疎地や離島等の学び拠点が失われる可能性や Unesco が Covid-19 に起因した学校閉鎖で懸念している、社会的文化的に不利益な環境のなかで生きる子どもたちへの負の効果を倍増させる可能性が生ずる。

○負の連鎖を生み出さない学校システム再構築に向けて

縮小社会における学び拠点の持続という観点からしたら、とりわけ義務教育段階の場合には約 1750 市区町村すべてについての学びの拠点整備のための設計が求められる。

ここで留意すべきは、我が国では幼稚園から高校までの各学校段階で学習指導要領が定められており（文科省告示）、教育行政機関はそれを基礎にした教育活動を担保するための教育条件整備を進めていることである。文科省が学校教育法施行規則第 41 条で小学校の規模の標準^{xiii}を定めるのもそのためである。

ここで規定される学校規模の標準に準拠する限り、上述した不利益な環境に置かれる子どもの学習拠点整備という発想は生まれにくい。市区町村教育長対象の廃校選定基準調査の結果では、廃校選定の優先順位 3 位までは、次のようになっているからである（上掲）。

第 1 位：児童生徒数の少ない学校を優先して選定するのが良い（支持者の割合 59. 1%）

第 2 位：学校が廃校になった場合の子どもたちの通学保障を優先して、道路の状況や廃校にした場合の通学距離・時間を勘案して選定するのが良い（57. 9%）

第 3 位：本自治体の幼稚園、小学校、中学校や公民館、図書館、児童福祉施設、その他のコミュニティ施設などの総合的な配置計画を基礎に選定を進めるのが良い（27. 2%）

学校の規模を度外視して学びの拠点整備を進める観点に立つと、学校の配置や ICT 利用等の学びの拠点整備のための代替的基準や方式の導入が必要となる。

ここで、令和 2 年 10 月 7 日に公表された文科省中央教育審議会初等中等教育分科会の『「令和の日本型学校教育」の構築を目指して（中間まとめ）＜概要＞』を参照すると^{xiv}、「8. 人口動態等を踏まえた学校運営や学校施設の在り方について」では、次のような記載が置かれる。

(1) 基本的な考え方

・少子高齢化や人口減少等により子供たちを取り巻く状況が変化しても、持続的で魅力ある学校教育が実施できるよう、学校配置や施設の維持管理、学校間の

連携の在り方について検討が必要

(2) 児童生徒の減少による学校規模の小規模化を踏まえた学校運営

①公立小中学校等の適正規模・適正配置等について

- ・教育関係部局と首長部局との分野横断的な検討体制のもと、新たな分野横断的実行計画の策定等により教育環境の向上とコスト最適化
- ・義務教育学校化を含む自治体内での統合、分校の活用、近隣自治体との組合立学校の設置等による学校・学級規模の確保
- ・少人数を活かしたきめ細かな指導の充実、ICTを活用した遠隔合同授業等による小規模校のメリット最大化・デメリット最小化

②義務教育学校制度の活用等による小中一貫教育の推進

- ・小中一貫教育の優良事例の発掘、横展開

③中山間地域や離島などに立地する学校における教育資源の活用・共有

- ・中山間地域や離島等の高校を含めたネットワークを構築し、ICTも活用してそれぞれが強みを有する科目の選択的履修を可能とし、小規模校単独ではなし得ない教育活動を実施

(3) 地域の実態に応じた公的ストックの最適化の観点からの施設整備の促進

- ・児童生徒の多様なニーズに応じた施設機能の高機能化・多機能化、防災機能化
- ・地域の実態に応じ、小中一貫教育の導入や学校施設の適正規模・適正配置の推進、長寿命化改良、他の公共施設との複合化・共用化など、個別施設計画に基づく計画的・効率的な施設整備

以上は「中間まとめ」の記載ではあるが、これまでの取り扱われ方を踏まえると「中間まとめ」は微修正を経て本答申に結合していることが多い。その点では、今後の文科省の教育政策は、人口動態関連では以上のような骨子で展開される可能性が強い。

「中間まとめ」は、全国一律に「学校規模の標準」を踏まえ小規模校の解消を図る、というスタンスに立っているのではないが、小中一貫教育等の促進、学校間ネットワークづくりなどの推奨を媒介に、「学校規模」確保への拘泥を示している。

離島などの場合には、学校の持続の観点からは「通学距離・時間」という要因に配慮した設計が必要となるが、「中間まとめ」が大きな紙幅を費やしているのは「遠隔・オンライン教育を含むICTを活用した学び」である。我が国の学校システムに遠隔・オンライン教育をどう組み込むかについては、Covid-19に起因する一斉休校で我が国でも一躍注目を集めることになった。しかし、この領域と対面的なシステムとをどう組み合わせ、児童生徒の学びに資するかという課題への対応は、NZ等の海外の先進国に比すると我が国は立ち後れており、縮小社

会下での取り扱い方は今後の課題に属する面が大きい。

これまで、主として少子化・人口減少に着目して、縮小社会下での学校システムの再構築について考察してきた。ところで、子育て・教育領域では、紀元前にはすでにプラトーン、アリストテレス、ソクラテス等による教育論は出現している。以来子育て・教育に関する「あるべき論」は、2000年以上にわたり連綿と繰り返されてきた。近代社会に限定して概観しても、膨大な教育論、教育書等を見いだすことができる。戦後、「教育爆発」と称された時期に著わされた書物にはP. H. Coombsによる”World Educational Crisis—A Systems Analysis”(Oxford University Press)などもある。出版は1968年に遡る。

上掲文科省中間まとめにしても、論やアイデアという視点については、言い古されてきた言説の焼き直しに過ぎない面もある。にもかかわらず、膨大なエネルギーを注ぎ、言い回しを新たにして答申類が公にされるのは、答申や提言の具体化が十分ではないことに原因がある。

課題になってきたのは、どう具体化に導くか、という問いである。

縮小社会下での学びの拠点持続のための設計にしても、具体策が担保された議論こそが重要で、少子化・人口減少との兼ね合いで言えば、学校規模論に過度に傾斜せずに、学校配置論に力点を置いた学校システム再構築の技術が重要になる。

現段階では、学校システムの再構築の準則としては、学校教育法施行規則等にうたわれる「12 学級から 18 学級」（学校統廃合の場合には 24 学級まで）が標準、という規定が置かれるだけである。

縮小社会は、少子化に平行し、高齢化、生産年齢人口の縮小、国地方の財政逼迫も随伴する社会である。その点からすれば、人口縮小に対応した公共施設の再編、縮小も課題となる。

縮小社会の学びの拠点の再構築については、他の公共施設等の再編、縮小に抱き合わせにした技術の開発が重要になる。

注

i なお、世界のこれからの学校像については、OECD等の国際機関はすでに少なくない提案を公にしている。たとえば、OECDによる『明日の学校のシナリオ』（協同出版、2004年）は、次の6つの段階での学校戦略を打ち出している。

①現状維持型

シナリオ1 強固な官僚的学校制度

シナリオ2 市場モデルの拡大

②再学校型

シナリオ3 社会の中核的センター

シナリオ 4 学習組織の中心としての学校

③脱学校型

シナリオ 5 学習者ネットワークとネットワーク社会

シナリオ 6 教員の集団的移動—溶解

- ii なお、文部科学省中央教育審議会初等中等教育分科会：「令和の日本型学校教育」の構築を目指して（中間まとめ）～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～」令和2年10月7日が公にされたばかりであるが、本稿の考察は同中間まとめとは別様に進められる。
- iii UNESCO: “adverse consequences of school closures”, March 10, 2020 (<https://en.unesco.org/covid19/educationresponse/consequences>)
- iv 全国の一斉休校に関する調査は文科省により実施され、公にされている。しかし、各教育委員会の意思決定がどのように進められ、各学校の取組みはどのように進められたかに関する研究者等の調査研究は緒に付いたばかりと言ってよい。
- v M. Kuhfeld, J. Soland, B. Tarasawa, A. Johnson, E. Ruzek, J. Liu: ” Projecting the potential impacts of COVID-19 school closures on academic achievement” , May 2020, Ed working paper No.20-226, Annenberg Brown University
- vi 注5論文の冒頭から。
- vii RIT Score については、生徒がその時点で50%正しい答えに到達しているレベルを示している、と説明される。” RIT scores” : https://www.fortheteachers.org/rit_scores-2/.
- viii 「学校の適正規模」という概念については、学校統廃合や学校再編に際しての基準となってきたが、法令上は学校教育法施行規則第41条で「12学級から18学級を標準とする」という規定が置かれ、それを「学校の適正規模」と称することが一般的である。
- ix ここに掲載する図は、国立社会保障人口問題研究所の実数値、推計値を基礎に算出し作成している。推計値が2030年と2050年になっているのは、同研究所の公にしている推計年次が2030年と2050年であったためである。また、全国の市区町村単位での1校あたり児童生徒数を算出するに際しては、2011年の小中学校数の実数値が2030年、2050年の時点でも維持されると仮定している。
- 掲載しているグラフは、文科省に設置されていた学校施設複合化検討委員会で発表している。葉養正明：人口減少社会、少子化の中での公立学校について（第1回 学校施設と他の公共施設等との複合化検討部会 於：文部科学省2014・8・20）
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shisetu/013/008/shiryo/_icsFiles/afieddfile/2014/08/25/1351336_4.pdf
- x この件については、注ixに掲載しているpptに詳しく説明している。
- xi 国立教育政策研究所：公立小中学校統合に際しての廃校の選定基準等に関する調査研究（平成22年プロジェクト研究報告書、平成23年3月）

なお、調査の設計は次のようなものであった。

調査責任者：葉養正明

調査実施期間：平成22年12月～平成23年1月

調査の方法：アンケート用紙による郵送調査

調査対象：平成21年4月～平成22年7月の間に、自治体のHP上で小中学校統廃合関係の答申類を公表した525市区町村教育委員会の教育長、および、平成22年8月～9月に国立教育政策研究所により収集された小中学校、幼稚園等の統合再編文書の送り先の市区町村教育委員会の教育長。

発送数：668通、回収数・率：489通・73.2%（なお、教育長を宛先としているが、教育委員会の小中学校適正配置所管課、あるいは、係が回答している場合もある。しかし、アンケート用紙の設問内容から見ると、あえて回答者の属性を区別する必要ではないと考えられるので、表2では、すべてを一括して集計している）

- x ii 学校規模の水準によってどのようなメリット、デメリットが生ずるかについては、文科省の「公立小学校・中学校の適正規模・適正配置等に関する手引～少子化に対応した活力ある学校づくりに向けて」（平成27年1月27日）に詳しい。

https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2015/07/24/1354768_1.pdf

- x iii 文科省（当時、文部省）が学校の適正規模を省令で定めたのは1958（昭和33）年であるが、それに先だって教育調査が実施されている。調査研究の成果は次の書物にまとめられている。

千葉県教育研究所内教育資料刊行会：学校統合に関する実証的研究－基準と対策（研究紀要 第31集、昭和32年）

本報告書は、「学校統合の現状と中学校の標準規模の推論」に調査の中心においている。調査の視点とされるのは、以下のような項目である。

- ①学校経営の問題点と学校規模
- ②学校経営における教育機能と学校規模
- ③学校経営における教職員と学校規模
- ④学校経営における施設設備と学校規模
- ⑤学校経営における事務管理と学校規模
- ⑥学校財政と学校規模

本報告書は、結論的には「中学校は12学級」とされるが、次のような但し書きもふされている。

「しかしながら以上は学校経営の5領域からわれわれの視点に基づく実態分析の結果からの結論であり、あくまでも一般的に標準化された意味でその限

界を認めての標準規模であり、地域の具体的条件との絡み合いにおける適正規模そのものではない。したがって、とくに通学距離その他の地域的条件的補正を要することは言うまでもない。」

この報告書の作成には、東大、国立教育研究所、都立教育研究所、文部省、野間教育研究所、千葉大などのスタッフが関わっており、昭和33年の学校教育法施行規則一部改正の基礎データとなったと推測される。

x iv https://www.mext.go.jp/content/20201007-mxt_syoto02-000010320_1.pdf

COVID19 について勉強したことや、今なすべきことなど雑感 1

漁野 亨

ワクチンは早期にはできない

まず初めに、この新型コロナウイルスは相当にしつこいということです。はじめ中国武漢ではやっていたのを原初型とすると少なくとも3種10型以上には変わっていて、欧米ではやっているのは、かなり致死率が高くなっていると思われることです。なぜならきちんと検査をして、それなりに隔離政策がちゃんと取られたドイツでも9842人(10/20 現在)の死者が出ています。しかも日本では東京・埼玉型と思われる変異も出てきていると言われています。(児玉龍彦先生 7/16 参議院)

これだけ短期間で変異するというのは、もしある型に効くワクチンが出来たとしてもすぐに変異して効かなくなるのは、インフルエンザワクチンで立証されています。つまりなかなかワクチンにはできないということです。また、一本鎖プラス鎖 RNA 型ウイルスというのは SARS や MERS で分かるようにワクチンはできていません。C 型肝炎にしても治療薬(抗ウイルス薬)はできていますが、ワクチンはできていません。アストロゼネカのワクチンは 9 月段階で思いもかけない副作用が出てきていますし、アメリカでは製薬会社(ファイザーなど6社)がどんなに急いでも来年初旬にはなると発表しています。中国でも第3相にはいったと言われていますがその後の詳しい発表はありません。

もちろんロシアのワクチンは出来たと言われていますが、かなり見切り発車の上(第3相の治験を飛ばしています)、効果については世界各国の研究機関から疑問視されています。

なぜこの夏の時期に陽性者が増えていたか

陽性者の数が増えた理由は、検査の対象基準が変わったからです。当初は37.5度以上の熱が4日間あり、流行地への渡航歴や接触歴がある、といった人にPCR検査の適用が絞られていました。新型コロナを疑う症状があっても基準に当てはまらない人や症状の軽い人は検査をしていません。

濃厚接触者も積極的に検査していませんでした。しかし、今は東京や大阪など大都市圏はそれなりに、症状の軽い人や無症状の濃厚接触者も検査しています。だから陽性者数が増えるのは当然です。そのことを自治体ははっきりと言わないことが混乱の原因になっていると思います。しかし、今でも濃厚接触者が縛りとなって、発熱や咳などの症状があるのに検査を受けることができない状況もあるようです。とにかく現場の保健所に丸投げする施策は変わっていないの

で、すぐにパンクして4月のように検査を絞るようになっていくのではと思っています。(ちなみに新自由主義政策のせいで、保健所は1990年代852箇所、職員数34571人から2020年には469箇所27902人に減らされています)

3~5月期のほうが感染者の山は大きかったはずだと思っています。検査対象を絞っていたわけですから、数字に表れた陽性者数よりも本当はずっと多い陽性者がいたはずで、軽症者・無症状者の割合や、PCR検査の「偽陰性」の割合などから考えて、第1波のときの実際の陽性者(感染者?)は検査で現された陽性者数の約10倍はいたと推測されます。そこで緊急事態宣言をして自粛要請をしたから、見かけ上、下がったのだと思います。そう考えると、3~5月には毎日数十人単位で重症者や死亡者が出ていたのに、6月末から8月末の時点まで、陽性者が増えたわりに重症者や死亡者数があまり増えなかった理由も納得できると思います。

私個人は最初から言っていたように、新型コロナウイルスは感染力はかなり強いが、東アジアに住む人々の重症化率や死亡率は高くないと思っていました。(なぜかは現時点では不明ですが山中伸弥先生のファクターX説や児玉龍彦先生の交叉免疫説は傾聴に値すると思います。) また6月からの世界の致命率(死亡者/罹患者)は下がってきています。

黒木登志夫先生の発表では、日本での致命率は下の表のようになっています。

観察期間	全年齢	0-69 歳	>70 歳
5月	7.2%	1.3%	25.5%
8月	0.9%	0.2%	8.1%

もちろんそれは現場の臨床の医師たちの頑張りの成果だと思っています。またアビガンやレムデシビル(ただレムデシビルはほとんど効かないとWHOが10.15日に発表)などの抗ウイルス薬やデキサメタゾン(アクテムラ)などのサイトカインストーム(免疫暴走)などを抑える抗炎症薬などで、また人工呼吸器やECMOなどの装置などを使った治療が功を奏した結果でもあります。

秋冬に本格的な第3波が訪れる可能性がある。

統計的には、感染者数が増加してから、重症者数は2週間後、死亡者数は1ヵ月後に増加すると言われていています。現時点ではこれからどうなっていくかは注視しなければと思っています。

感染者数(陽性者数)がこれでも抑えられているのは、夏になって湿度と温度が上がったことと、紫外線の影響が大きいと考えています。つまり夏だから一定感染者数は抑えられていると思っています。だからこそ湿度や温度が下がり、紫

外線の量も下がってくる 11 月以降はとんでもない感染爆発が起こる可能性があると思っています。その上 12 月以降はインフルエンザの一定の流行や普通の風邪ウイルスがはやってきて、何がなんだか分からなくなり医療崩壊が起こる可能性もあると思っています。(もちろんコロナ対策をしっかり行ったらインフルエンザの流行も抑えられることは 3 月の日本の現状をみれば明らかです)ちなみに私は 12 月からは巣ごもりをしようと思っています。とにかく最悪のシナリオを考えて行動しなければいけないと思っています。ヨーロッパでは 10 月 10 日以降感染が大幅に増えています。10 月 20 日では前日比でイギリスでは 1.8 万人、スペインでは 3.8 万人、フランスでは 4.6 万人増えていますし、アメリカ合衆国やインドでは 5 万人以上、ブラジルやロシア、アルゼンチンなどでも数万人から 1 万人以上の感染者が増えています。

とにかく最近の日本人の特性の一つとして楽観的に、刹那的にしか物事を考えない傾向があると思います。しかも、ここ数十年の日本の権力者が無能、無策であるということは、今の政策が太平洋戦争時の戦争指導に似ていることや、福島原発事故の処理政策をみれば明らかなことです。(戦後の一時期から 1970 年代くらいまでは問題がありながらもましでした。中曽根以降無能無策ぶりが酷くなっていますし、安倍政権以降は今だけ、金だけ、自分だけの政策しかなかったと言えます。)

3 月から 5 月の検査数は安倍政権の無策のせいで低く抑えられていた

6 月末段階の感染者数で、日本は世界 17 位だが、PCR 検査数は世界 156 位だと言われていました。もちろん医療用マスクやガウンも全く足らず、その上サージカルマスクも急激な値上がりで品薄、消毒用アルコールは薬局からはなくなりました。

まず PCR 検査ですが、大学などの研究機関が一斉休校で、封鎖され本当はできるはずの検査ができないという事態に陥りました。その当時、山中教授の IPS 研究所では最低でも数百件、児玉先生の東大の先端研では数千件の検査が 1 週間でできるという話がありました。大学の研究所が PCR 検査をしようとしたら大学が閉じているのに開けてはいけないと、文科省から横やりが入ったという話もありました。その上、日本製の全自動 PCR 検査機はヨーロッパでは大活躍し、フランスから勲章をもらっているのに日本での導入は 8 月からという体たらくです。また唾液による PCR 検査は北大が 4 月初旬に論文を発表し、治験もちゃんと

していたのに、厚労省が認可したのは6月2日でした。(ちなみに唾液のPCR検査の感度は90%と北大が調査結果を発表した, 10.18 赤旗 12 面) つまり安倍政権はPCR検査を、口先では増やすと言いながら、実際の行動は全くとらなかったということです。

しかも、感染研の一部の識者を使ってPCR検査の必要性を疑問視する言説を振りまきました。曰くPCR検査を増やせば、検査希望者が増えて病院へ押し寄せ医療機関がパンクする。感度70%や特異度99%(感度=真陽性/陽性と判定された人, 特異度=真陰性/陰性と判定された人)では感染は抑えられないなどです。

しかし韓国では、いち早くドライブスルー方式や、ウォークスルー方式の導入で検査希望者の増加を解決しましたし、ヨーロッパやアメリカでもドライブスルー方式や発熱外来を病院の外に設けることで検査数の増大に対処しました。また感度や特異度の問題では、日本で院内感染防止に成功した和歌山済生会有田病院、岐阜大学病院、東京医科歯科大学病院の対策で徹底的なPCR検査の有効性が立証されています。(黒田直生?先生の論文) またアメリカでもニューヨーク州ではクオモ知事の指示で徹底的なPCR検査を行い、アメリカ全土の悲惨な感染爆発と違い、今では感染の増大を抑えています。そして中国の武漢では1000万人のPCR検査をプール方式で数週間で行い、見つかった350人程度を隔離することで、ここ2ヶ月は感染者は出ていないようです。つまり感度、特異度の問題は事実によって否定されているということです。PCR検査の目的は個々人の診断を付けることではなく、感染防御をすることが目的なのです。だからこそ政府の責任なのです。

また日本では、4月5月期は医者がPCR検査を必要と認めたにもかかわらず、PCR検査が受けられないという人が多く出たために、東京都医師会をはじめ各地の医師会が独自で検査センターを設立するということになりました。医師会の調査では5月27日現在で、26都道府県で267名が医師が必要と認めただけでPCR検査を受けられなかったと報道されました。

そしてN95マスク(医療用)については、4月に厚労省から依頼を受けた人が、中国の業者に170円/枚で100万枚を仮おさえして厚労省に報告すると150円/枚までなら何とかなるが、それ以上は会議にかけないといけなと言われ、2日後に返事が来て業者に電話すると、200円/枚でアメリカの業者に売った、今は250円/枚でしか扱えないという話がインターネットに出ていました。この時ア

ベノマスクの話が出ていたことを考えると、安倍政権は本当に自分の利益しか考えていないことが分かります。ガウンについても航空会社のキャビンアテンダントが縫製したのを寄付したという話が出ていました。ヨーロッパでは政府が自動車メーカーに ECMO や人工呼吸器の発注をした話が出ていましたし、アメリカでも GM に人工呼吸器の発注をしたという話もありました。アルコールについても 6 月以降民間の酒造メーカーがアルコール 70%のお酒を出して消毒用アルコールの代わりに使うという話もありました。つまり安倍政権は全く PCR 検査の増大や医療用マスクやガウンの確保については実際に何もしなかったということです。口先だけで増やすと言っても実は何もしなかったということです。政府が非常事態宣言を出した後も、自分たちの利権に関わることは一生懸命利益誘導をするけれども(給付金の事務費の電通丸投げなどやアベノマスクの配布など)、本当に必要なものは民間に任せきりで、政府自体は発注を一切やらなかったということです。市民やマスコミがいくら騒ごうが必要なことは全くせずに、自分たちの利益だけを考えて行動したということです。また一部には感染症の利権的なものもあったと言われています。(詳しくは山岡著「感染症利権」ちくま新書)

今なすべきことは PCR 検査などの検査を増やし、陽性者を隔離すること。

安倍や菅政権のやっていることは、アベノマスク(カビのマスクと言われていた)の配布や(もう終了しましたが)、GoTo キャンペーン(感染拡大キャンペーン)などですし、相も変わらずオリンピックの開催や IR の開発、軍事装備の予算拡大しか考えていません。その予算を大学や研究機関の PCR 検査機器を総動員する方向に向け、唾液型の自動 PCR 検査機械を大量に購入、検査機関に支給して陽性者を見つけだすことです。また無症状者や軽症者はホテルなどに積極的に隔離し、感染の抑止に全力をあげることです。無差別な接触抑制ではなく、感染者を見つける方法の構築と(現段階では PCR 検査ですが、他の方法のスマートアンプ法や SATIC 法また呼気を使った検査など新しい方法も積極的に活用すべきです)感染者の隔離が大事です。少なくともそれが出来れば台湾や中国のように内需による景気回復は一定できるでしょう。

GoTo トラベルは大手旅行業者や高級旅館やホテルにしか恩恵が渡ってないと言われていきますし、GoTo イートも大手のクーポン会社には利益になるが、零細業

者にはあまりならないと言われていました。つまりこれも政権に近い人達の利益を増大する方向にしか使われていない疑いが強いこととなります。1兆7千億円もあれば、PCR 検査費用が1人1万円とすれば、のべ1億7千万人に検査ができることとなります。とにかく政策の方向性が全く違うということです。

例えば委託事務費にまたぞろ電通を使おうとして、問題になり取りやめにはなりましたが政権よりの業者にペイする仕組みには変わりはありません。感染抑制に一定成功すればキャンペーンなど打たなくても人々は国内旅行に行きまですし、外食にも出かけます。

そして中小零細業者には消費税納入を延期したり、賃料の引き下げや光熱水費の免除などきめ細かな政策のほうがはるかに効果がありますし、一定の格差是正にもなると思います。

また大事なことは赤字になった医療機関の補償を積極的に行うことです。全員一律の給付金よりは休業補償に回すほうがはるかに大事だと思っていましたし、コロナ患者を受け入れた病院などは積極的に給付金を出すべきです。それがコロナ患者を受け入れた病院の看護師さんなどのボーナスが減らされるなどということがあっていいのでしょうか。愚にもつかないオリンピックの役員(安倍や森、麻生)などには月額100万円を超える報酬が出ているというのに、自らの命の危険を冒して従事している医療関係者の賃金が減らされるなどということはあってはならないと思います。

偽陽性の疑いがあるから検査は無意味という人は縮小社会の働き方を理解していない。

もう一つ大事なことは、PCR 検査で陽性になったら、隔離されて大変なことになるという話がありました。しかも偽陽性だったら隔離されて、誰がその責任を取るのだという話があります。

なぜ大変なのでしょう、家族や他の人にうつすかもしれないという状況で隔離されず、また重症化する可能性もありながら、自宅でおとなしく寝ていなさいというほうが、よっぽど私は精神的に大変だと思うのですが。無症状者や軽症者はホテルで、それなりの医療体制の中で過ごすほうがよほど安心すると思うのです。自分がいなければ他の人に大迷惑をかけるなどと思いあがっている人ならいざ知らず、(あのトランプでさえも1週間は陸軍病院とホワイトハウスの

病院の中にいました) 普通の人は、必ず誰かがその人の代わりにやってくれます。たかが2週間です。偽陽性だったら、いい休みをもらったと思って自分を見つめなおしたり、読書をしたりするのに最適だと思います。

日銭を稼がなくては家族の生活が大変だというなら、それこそ生活保障の出番だと考えて対処すべきです。幼児などはしかるべき場所を作らないといけないかもかもしれませんが、母親の代わりに父親が2週間ぐらい育児の代わりにしてみるのが大事だと思います。一体何が大変なのか全く分かりません。(金融関係の仕事で、かなりの給料をもらっていて、今の自分の仕事が本当に意味のある仕事と思っている人はごく少数だという本も出ていました。)

とにかく中等症の人、重症化しやすい人は隔離病棟へ、重症化している人はICUへ、軽症者、無症状者は療養施設へということを実行原則にして、自宅療養は原則なしにすべきです。

(自宅療養で家庭内感染が増えている事実があります)

コロナによる国民給付金配布はベーシックインカムの実験というまやかし

(本来は所得が減少した人全員に一律給付した上に、損害補償をきちんとすべきでした)

ベーシックインカムという制度があります。国民一律給付金制度とか呼ばれていて、国民全員に(無条件に)一定額を給付するという制度です。コロナ被害による国民給付金を12ヶ月ずっと続けると考えたら、分かりやすいかもしれません。竹中平蔵によれば日本国民1人あたり7万円を配布して、年金や健康保険などを一切なくせばやっていけると言ったとか言われています。もちろん実際にやるとすれば時間をかけて、現厚生年金や企業年金受給者などには一定配慮しながらやっていくのですが、現役世代は給料があるのだから(40代以下)はすべてなしにしてくる可能性が大きいでしょう。しかし彼の言っているベーシックインカムは、本来言われていたベーシックインカムとは似ても似つかないものです。特に初めにベーシックインカムを唱えたと言われるCHダグラスの国民配当には、適正価格、公共通貨という大事な概念がきちんとついていました。

詳しくは社会信用論という本がアマゾンのキンドル版で出ています。

まず大事なことは、世に言うお金と言われているものの大部分は民間の銀行が作る信用創造によってできているという事実です。日本銀行券の発行額などそのことに比べたら全く微々たるものです。もちろん造幣局の作る硬貨などは比べようありません。つまり金融機関で作られるお金という記号がこの国のお金なのです。そしてそのお金には必ず利子がついているのです。戦後一時期成長率が利子率を上回っていた時期がありました。しかしそれ以外はすべて利子率が成長率を上回っているのです。(このことをきちんと証明して見せたのがピケティです)だからこそ格差が増大していくのです。本来はそれを踏まえた上で、国際金融資本全体を相手に闘う覚悟をして、だまされながらもベーシックインカムは導入すべきものです。それを踏まえないものはいくら形が似ているからと言ってベーシックインカムではないのです。もちろんフリードマンの言う負の所得税も同じです。ついでに言うとおくと公共通貨的なもの考えたアメリカの大統領はリンカーンやケネディをはじめとしてすべて暗殺されています。

コロナでの給付金は、損害補償として第一に考えないといけない性格のもので、次に所得が減った人全員に一律給付して助けるべきものです。政府の上級官僚や与党の国会議員などは、感染増大に対して責任ある立場ですから給料は減額すべきものです。公務員や年金受給者は所得が減少したわけではないので給付金を配布する必要はありません。また高額の地代や家賃収入者や投資家もそのことによって著しく減ったわけではないので配布する必要はありません。本来は何ら価値を作り出しているわけではないので税金をもっととるべきです。

だからコロナの給付金がベーシックインカムの実験などという能天気なことを言っていると新自由主義者たちの形だけベーシックインカムにやられてしまいます。特に日本では民主主義の主体形成ができていないので、あつという間にひどい事態に陥るかもしれません。日本ではまだまだベーシックサービスの充実に向けて真剣に努力するほうが先だと思っています。

他にもいろいろと書きたいこともありますが、学術会議の問題や中曽根元首相(彼こそが新自由主義を導入し、原発を広め、反知性主義と右翼的売国思想を導入した張本人です)の弔意強制問題などまた雑感2で書こうと思っています。

マイクロプラスチック問題はプラスチック産業の脱皮を促す

五十嵐 敏郎

1. はじめに

地球の生物は過去 5 度の大量絶滅を経験した。

最初の大量絶滅は約 4 億 4 千万年前のオルドビス末期に発生し、地球上の生物の 85%が死に絶えた。地球上のほぼすべての生物は海中に生息しており、海の大量絶滅と言える。絶滅の原因については未だに不明だが、ガンマ線バースト説が有力視されている。一方、リビア砂漠に掘られた深さ 2000mの穴から採掘した化石の分析から、奇形率が予想より 100 倍高く、重金属濃度が最大で予想より 10 倍高かった結果が得られ、高濃度の有毒金属が原因とする新説が出された¹⁾。

2 度目の大量絶滅は今から約 3 億 7 千万年前のデボン紀後期に発生した。この絶滅の特徴は暖かい海に住む海洋生物に特化して起きたことである。淡水種に比べて海生種の絶滅率が高く、また、海生種でも、高緯度に生息する種より、低緯度に生息する腕足類の絶滅率が高い。地球上の生物の 82%が死に絶えた。何らかの理由で海水中の酸素が無くなってしまう「海洋無酸素事変」が原因と考えられている。一方で、緯度による偏りなどから、海水温の低下とする説もある。

3 度目の大量絶滅は約 2 億 5800 万～2 億 5100 万年前のペルム紀末期に発生した。短期間に 2 度発生し地球史上最大規模の絶滅とされ、地球上の生物の実に 96%が死に絶えた。原因は謎に包まれているが、有力なのが巨大プルーム説で、マントルを流れるマグマが地球上に溢れ出し超大規模な火山噴火が発生したのが原因とされる。一説にはこの時期に巨大隕石の跡があり、これが大量絶滅の原因ではないかとも言われている。

4 度目の大量絶滅は 2 億 1 千万年前の三畳紀末に発生し、地球上の生物の 76%が死に絶えた。様々な説があるが、有力なのが隕石衝突説で、カナダに巨大隕石衝突跡があり、これが大量絶滅のきっかけになったと言われている。

5 度目の大量絶滅は 6550 万年前の白亜紀に発生し、恐竜を始めとして地球上の 70%の生物が息絶えた。原因はユカタン半島に落ちた巨大隕石と考えられる。爆発と衝撃で地球の気候が一変し、食物が枯れ果て、それを食べる草食恐竜が死に絶え、それを食べる肉食恐竜が死に絶えた。最新の研究によると、巨大隕石と同時期に地球の火山活動が活発化していることが判明した。隕石と火山の両方がこの絶滅の原因になっている。

最後の絶滅から 6500 万年以上が経過し、人間が大繁殖している現在、地球

は「6 度目の大量絶滅の途中」であるという説があり、生物学者の 7 割がこの説を支持している²⁾。過去地球を襲った 5 度の大量絶滅は、何百年という時間をかけて徐々に絶滅していったとされている。人間以外の生物が徐々に排斥されている現状は、6 度目の大量絶滅の始まりと言えなくもない。

5 度の絶滅は何らかの自然現象の結果だった。しかし将来訪れる地球史上 6 度目の大量絶滅の原因は「人間」であるのかもしれない。巨大隕石や大地震などの天変地異におびえる前に、地球との接し方を変える必要があるのかもしれない。海洋生物のみに起き地球上の生物の 82%が死に絶えたデボン紀後期の 2 度目の大量絶滅は、海水中の酸素が無くなってしまう「海洋無酸素事変」が原因と考えられている。海水中の酸素がなくなった原因は不明だが、海洋プラスチックごみを放置し続けるとプランクトンの異常発生による無酸素化やプラスチックごみに吸着した PCB などの有害物質に起因する海洋生物の大量絶滅が起こる可能性が否定できない。オルドビス末期に発生した最初の大量絶滅も、対象は海中生物であり、最近出された有毒金属が原因という説が気になる。

2. プラスチック廃棄量とリサイクル量の推移 (米国)

米国環境保護庁(EPA)の資料を図1に示す。プラスチック廃棄量は1960年から2010年までの50年間で20倍に増え、次の20年で年率5%増加し2.7倍に増えると予想されている。リサイクルされるプラスチック量も1990年ごろから増えているが、廃棄量には追いつかないのが現状である³⁾。

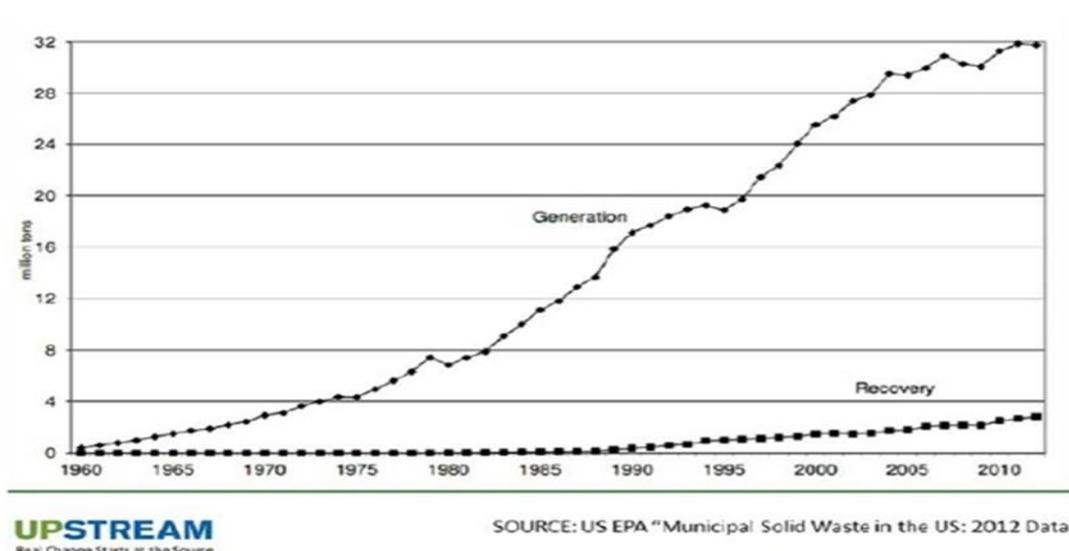


図1: 1960年～2012年のプラスチック廃棄量とリサイクル量³⁾

プラスチック業界は、用途に合わせて超硬質プラスチックから超軟質プラスチックまで様々な種類を開発し上市した。また、ガラス繊維や炭素繊維などと

の複合化や多層フィルムの開発などで使用目的に合わせて用途を拡大してきた。その結果、年率 2%で増加する鉄や年率 3%で増加する紙などの他材料と比較して年率 6%で増加するなど生産量の伸びが著しい³⁾。種類の増加、複合化や多層化はいずれもプラスチックのリサイクルを困難にしており、今後リサイクル量を増やす上で大きな障害となる。

プラスチックの製造原料についてみると、生物資源（バイオマス）から作られたプラスチックとして定義されるバイオプラスチックは 1980 年の ICI 社による共重合ポリエステルの工業生産の開始以来様々な種類が開発・上市されてきたが、現在でもその使用量は合計で 1%程度にとどまり、リサイクルプラスチックを合わせても 10%にしか過ぎず、残り 90%は相変わらず化石燃料由来である⁴⁾。

大量生産されたプラスチックはどのような行方をたどるのだろうか。米国では合計で 7800 万トンのプラスチックが使用される。このうち 32%が環境中に流出し、40%が埋め立てられ、焼却されるのが 14%で、リサイクルされるのは 14%に過ぎない。環境中に流出する 32%のプラスチックが陸域や海洋のごみとなり、生物多様性に悪影響すると考えられる⁵⁾。

環境中に流出する可能性が最も高い包装・容器についてはプラスチック容器のリサイクル率が 13.8%であり、紙容器の 76.1%、鉄製容器の 72.2%、アルミニウム容器の 38%、ガラス容器 34.1%と比較して大幅に低い⁶⁾。今後リサイクル率を上げていく可能性があるかと前向きにとらえるか、リサイクルが困難な材料と考えるか？高機能化を目指して多種類化、複合化や多層化が進展していることから後者の可能性が高い。

海洋プラスチックごみ問題、特にマイクロプラスチック問題は、新聞の一面を飾ったりテレビでもトップニュースとして取り上げられるようになり、社会の関心が高まってきている。さらに G7 や G20 でも主要議題とされるなど、政治問題にもなっている⁷⁾。マイクロプラスチックについてはこれまで、環境研究者や海洋研究者が取り上げて議論を展開しているが^{8) ~13)}、プラスチック界にいる人はあまり取り上げてこなかったように思われる。マイクロプラスチックが社会問題化すると、プラスチック関係者は実態について説明を求められ、対策案を求められる機会も増えると予想される。プラスチック関係者に期待されるのは、具体的な対策案の提示である。海洋プラスチックごみ問題、とりわけ、マイクロプラスチック問題への対応を誤ったり無策で過ごせば、プラスチックバッシングが炎上する可能性がある。塩ビバッシングが炎上していた時に塩ビ業界に身を置いていたが、一旦炎上するとまともな議論が出来なくなり、研究どころではなくなるという苦い経験をした。

3. 海洋プラスチックごみの実態

海洋プラスチックごみ問題の全体像を図2に示す^{14),15)}。海洋プラスチックごみ問題は、どれくらいの量のプラスチックが海洋に流出するのか、マイクロプラスチック問題とは何か、マイクロプラスチックの生態系に及ぼす影響、海洋中のプラスチックごみの防止策やマイクロプラスチックの生成防止策に集約される。

1) 海洋プラスチックごみの現状と将来

海洋ごみは、海洋に流出した廃棄物の総称で、海岸に漂着した「漂着ごみ」、海面や水中を漂う「漂流ごみ」、海底に堆積した「海底ごみ」に分けられる⁸⁾。プラスチックは海洋中で分解するのに400年ほど要するため、海洋ごみ問題は海洋プラスチックごみ問題に集約される。



図2：海洋プラスチックごみの全体像

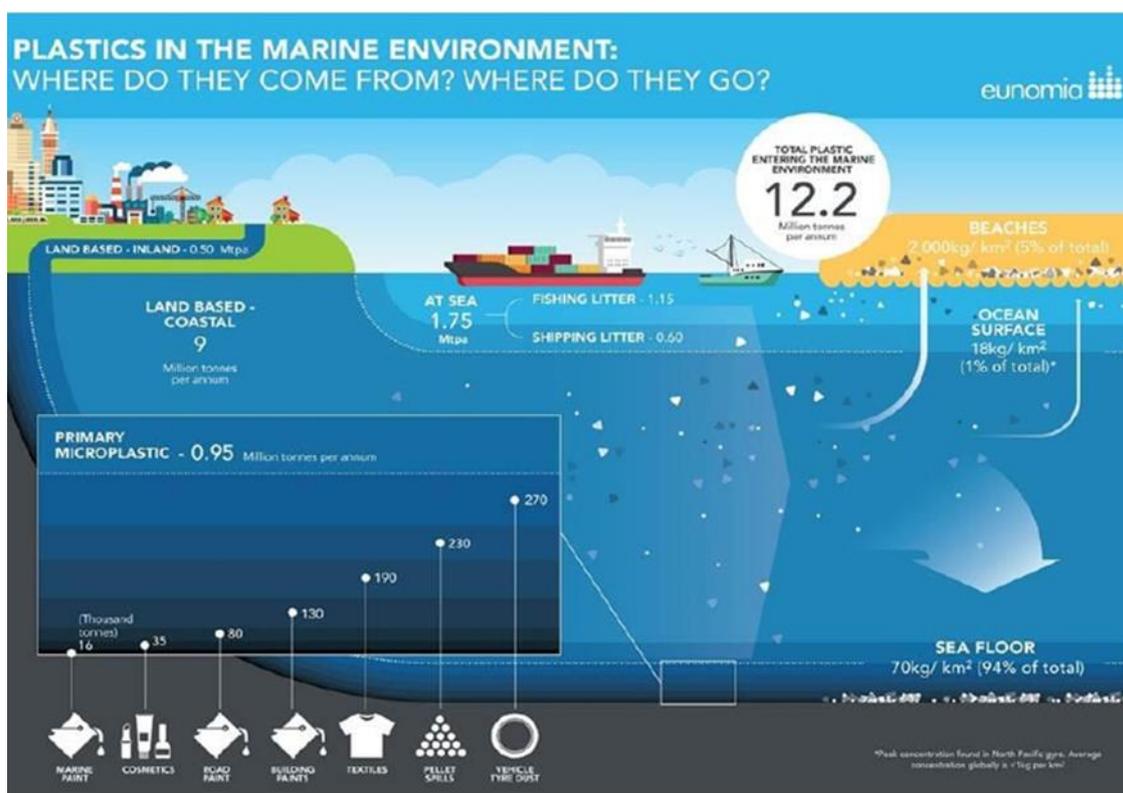


図 3：海洋中のプラスチックごみの実態¹⁷⁾

海洋に流出するプラスチックごみの量については様々な説があるが、ジョージア大学が海に面した 192 カ国のプラスチック廃棄物発生量約 2 億 7500 万トンのうち 480 万トンから 1270 万トン（全体の 1.7%~4.6%に相当）が海に流出したと推計している^{9),16)}。Eunomia の推計（図 3）では、年間で約 1200 万トンの海洋プラスチックごみが発生し、そのうち 1%が海の表面を漂い（漂流ごみ）、5%が海岸に漂着し（漂着ごみ）、残りの 94%は海底に堆積するとされる（海底ごみ）¹⁷⁾。

2014 年に全世界で行われた分析結果から海洋プラスチックごみの総量は 2 億 5 千万トンと推定されており、2014 年時点で海に生息する魚の総重量の 1/5 に達し⁶⁾、2050 年には魚の総重量を上回るとの予測が 2016 年 1 月に開催された世界経済フォーラム（ダボス会議）で示され、海洋プラスチックごみ問題が大きな注目を集めた^{10),18)}。

海洋プラスチックごみの排出国ベスト 5 はアジア諸国が占めている。第 1 位が中国で最大で年間 500 万トン弱を排出する、以下、インドネシア、フィリピン、ベトナム、スリランカと続き、20 位の米国の排出量を大幅に上回っている¹⁶⁾。これらの諸国で生産されるプラスチックの管理が不十分なこともあるが、実際にはリサイクル困難なプラスチックごみが資源ごみとして欧米・

日本からアジアの発展途上国に持ち込まれ、川・運河・湖に捨てられて最終的に海洋に流れてしまう³⁾。中国の輸入禁止が引き金になり、東南アジア諸国が次々と輸入禁止を表明し、日本やEUのリサイクル業界に混乱を引き起こした。

2) マイクロプラスチックの発生原因と発生量

海洋プラスチックごみの中で特に生態系への影響が大きいのが5 mm以下の「マイクロプラスチック」である。「マイクロプラスチック」には一次マイクロプラスチックと二次マイクロプラスチックがある。

① 元々が5 mm以下の小片として製造されたり、様々な工程で細片化されたプラスチックが一次マイクロプラスチックと呼ばれる。この中にはマイクロビーズと称されるミクロン以下の小さなプラスチック微粒子がある。ポリエチレンやポリプロピレンでつくられる。化粧品などに含まれ、下水処理施設のフィルターを通過し、河川を経て海に流れる。量的には少ないが小さいがゆえに質的な問題は大きい。また、ペレットと呼ばれるプラスチック製品の原料も含まれ、成形加工現場などから河川を通じて海に流れる。その他、塗料粉（剥離で発生）、タイヤ粉（摩耗で発生）や繊維くず（洗濯で発生）などが含まれる。Eunomiaの推計ではタイヤ粉が29万トン、ペレットが23万トン、塗料粉が22.6万トン、繊維くずが19万トン、マイクロビーズが3.5万トンと推計され、合わせて年間95万トンほどが海洋に流出する¹⁵⁾。

② 河川を通じて、あるいは直接海に捨てられたプラスチック製品（レジ袋やペットボトルその他のマクロプラスチック）が紫外線、波などの物理的な力や生物の分解作用などが複合して劣化し、5 mm以下の小さな細片になったもので二次マイクロプラスチックと呼ばれる。実態は不明であるが、Eunomiaの推計では年間約100万トン程度発生すると言われる¹⁷⁾。

2015年に発表された推計では、2014年時点での全世界の海洋中のマイクロプラスチック粒子の累計数は14.9兆個～51.2兆個になると言われ¹⁹⁾。2014年に行われた九州大学と東京海洋大学が合同で行ったマイクロプラスチック採集調査で、日本周辺の海域での海面近くの浮遊密度が海水1m³当たり3.7個との結果が得られ、他海域に比べて際立って高い密度であり日本周辺の海域は「マイクロプラスチックのホットスポット」であるとされた^{10)、20)}。

3) マイクロプラスチックの生態系に及ぼす影響

海洋プラスチックごみ、とりわけマイクロプラスチックの海洋に住む生物への影響について述べる。現時点では問題が少ないとされているが、このまま何も対策せずに放置して海洋プラスチックの総量が海にすむ魚の総量を上回る事態になれば、食物連鎖を通じてやがては人間の健康面にも影響しかねない^{10)、12)、13)}。「マイクロプラスチック」は大きさが小さいが故に次に示す大きな問

題を抱えている。

① 同じ重量でも表面積が大きくなり、海水中に存在する PCB などの有害な有機化合物を吸着しやすい（友は友を呼ぶ）。最大 100 万倍まで濃縮されるとも言われる¹²⁾。

② 海鳥や魚類が餌にするオキアミが食べる藻類は、海中で自然に分解するときに硫黄臭のあるジメチルスルフィドを発生する。海鳥はジメチルスルフィドの硫黄臭を頼りにオキアミのいる餌場に行く。海に浮かぶマイクロプラスチックは藻類が繁殖する絶好の足場になる。その結果、海鳥が有害物質を高濃度に濃縮したマイクロプラスチックをオキアミと間違えて誤食し、固体数の減少が始まる。魚も同様に誤食する可能性が高い。

③ 海鳥や魚類の個体数の減少による海の生物多様性が損なわれることに加え、食物連鎖を通じて人間の体内にもマイクロプラスチックに濃縮された有害物質を取り込むことになる¹²⁾。魚を多く食べる日本人も関心を持つべき問題である。

プラスチックは自然環境中で分解されにくいいため、廃棄処理問題や生態系への影響などが懸念されている。プラスチック廃棄物による環境汚染は陸上だけでなく海洋でも多く起こっていて、海洋に流出したプラスチックごみを海亀や海鳥が飲み込んだり、オットセイ・アザラシなどの海洋動物に漁網やロープが絡むことによる生物被害例が報告されている⁸⁾。海に流れ出たプラスチックや漁網、ロープなどは海流に運ばれ、はるか遠くの外国の海岸にまで流れ着く。特に、刺し網やカゴ漁具などの漁業系廃棄物は流出後、海中や海底に沈み、漁業資源を獲り続ける、いわゆるゴーストフィッシング（幽霊漁業：流出により人の管理を離れてしまった漁網などが海中や海底で漁業資源を獲り続けること）問題を引き起こしており、その対策が緊急課題となっている。こうしたプラスチックや漁業系廃棄物による海洋汚染は沿岸域の海底だけでなく深海にまで及んでおり、地球の海全体に広がっている¹²⁾。

国連環境計画 (UNEP) によると、海洋に流出するプラスチックごみの量は年々増えていて、これらのプラスチックを餌と間違えて飲み込んで、毎年 100 万羽以上の海鳥と 10 万頭以上の海洋哺乳類が死んでいると報告されている。近年、海洋に流出したマイクロプラスチックを動物プランクトンや小魚や海鳥が餌と間違えて飲み込んでいる事例が数多く報告されるようになった。欧州では北海の養殖場のムール貝やフランス産のカキの身から微小プラスチックが見つかっている。日本でも、東京湾で釣ったカタクチイワシ 64 匹中 49 匹からマイクロプラスチックが検出されるなど^{12),13)}、マイクロプラスチックを飲み込むことによる生物への影響が懸念されている。海洋プラスチックごみは海洋に流出した時点で哺乳類や大型魚類が摂食し、紫外線や波力など

で細片化しマイクロプラスチックになると小型魚類が摂食し、さらに紫外線や波力で微細化して微細マイクロプラスチックになると低次栄養段階生物による取り込みが行われるなど海洋生物全体の生態系に影響して生物多様性を損なう可能性が高い。

マイクロプラスチックは疎水性で、海水に微量溶存する有害化学物質（殺虫剤や難燃剤など）を吸着する性質を持っている。動物プランクトンや小魚がマイクロプラスチックを飲み込むことでこうした有害な化学物質を体内に取り込む可能性があり、食物連鎖によって人にも影響を与える可能性がある。実際に、世界各地の海域や海岸から採集されたマイクロプラスチックからポリ塩化ビフェニル（PCB: コンデンサー等の絶縁油）やポリ臭化ジフェニルエーテル（PBDE: プラスチック難燃剤に使用）などの有機汚染化学物質（POPs）が検出されており、これらの汚染化学物質が環境中（海水）から吸着したものであると推測されている¹²⁾。マイクロプラスチックから検出された PCB や PBDE などの濃度は海水に含まれている濃度の数万倍～百万倍も高い濃度のもも見られ、プラスチックに吸着することで高濃度に濃縮されることがわかってきた。近年、世界各地でマイクロプラスチックを飲み込んだ動物プランクトンや小魚の事例が多く報告されており、飲み込んだマイクロプラスチックを通しての POPs の生物への化学毒性の影響が懸念されている。

高濃度に投与した室内実験の結果ではあるが、プラスチックに吸着した化学物質により、プラスチックを摂食した生物（メダカ、ゴカイ）の肝機能の障害が観測されている。オーストラリア東部のアカアシミズナギドリ（*Puffinus carneipes*）の幼鳥の胸部羽毛および胃内容物からプラスチックが採取されており、プラスチックを高レベルで摂取した幼鳥ほど衰弱の程度が高いことが分かり、オーストラリアの海洋環境の悪化が示唆される。これらの知見は、この種が継続して個体数を減らしている原因を説明するのに役立ち、海洋のプラスチックの汚染レベルが憂慮すべき状態にあることを示している²¹⁾。マイクロプラスチックに吸着した POPs 化合物が生物（プランクトンや魚、鳥など）に与える毒性等の影響についてはまだ不明な部分が多いが、ここ数年の研究でプラスチックに含まれる化学物質が生物組織に移行することまではわかってきた²²⁾。そのような現象がどれくらいの規模で広がっているはわかっていない。他の鳥では？他の海域では？魚類や哺乳類では？これらの疑問は今後の研究による。魚類・哺乳類・海鳥について起こっていることだが、海洋プラスチックごみが増えれば人間でも起こるかもしれない。「炭鉱のカナリア」と考えて予防原則的な対応が必要であると言われている。

4) マイクロプラスチックの生成防止策

一次マイクロプラスチック対策と二次マイクロプラスチック対策に分けて

考える。

一次マイクロプラスチックは元々が微細な粒子であるため、海洋に流出した後で回収することは不可能である。このため、徹底した発生抑制が必要である。一次マイクロプラスチックの中で化粧品などに意識的に混合されるマイクロビーズについては、使用禁止等の規制が進んでいる。EU では 2014 年 12 月に EU 環境理事会の会合で、化粧品や洗剤へのマイクロプラスチックの使用禁止を求める共同声明を提出し、米国連邦議会は 2015 年 12 月に「マイクロビーズ除去海域法」を可決した。しかし、他の一次マイクロプラスチックについては実態把握も不十分であり、対策はほとんど手が付けられていない。最近になって、ベルリン工科大学が「環境におけるタイヤ摩耗粉塵」と題する研究プロジェクトでコーディネーターを務め、道路排水中のタイヤの摩耗から発生する一次マイクロプラスチック量を把握する研究に取り組み始めた²³⁾。ドイツだけでその量は年間 6 万トンから 10 万トンと推定されており、雨水とともに下水に流れ込み、最終的に海洋に達しているとみられ、研究成果の公表が待たれている。タイヤ粉と同時に発生するアスファルト粉の調査も必要である。

4. 二次マイクロプラスチックの生成防止策

二次マイクロプラスチックを発生させないための対策として、以下に述べる 6 項目が挙げられる。

1) プラスチックの廃棄の適切化

対策の基本中の基本である。安易に廃棄する不適切な行動を規制すること、ゴミ収集システムを構築し機能化させることや埋立地の適切な使用を行うことなどが対策の中心課題である。残念なことだが、言うは易く実際の行動は難しいのが現実である。しかしながら、究極の対策にはプラスチック廃棄のコントロールが必要である。



Michel Loubry, “Plastics and the World in 2030”, ARMO 2012 Lyon (2012. 10. 1)

図 4：海岸に流れ着いたプラスチックごみ

2) 生分解性ポリマーへの代替

川や海に流れ着く前に分解させたり海洋中で速やかに分解させることを目指して、生分解性ポリマーの開発競争が起こっているが、次に示す 3 つの問題があり慎重な対応が必要である。

- ① 多くの生分解性ポリマーでは海洋中での分解速度が陸上での分解速度より遅くなる
- ② 生分解性ポリマーの分解過程で生じるオリゴマー等の中間生成物の安全性が担保されていない
- ③ 環境条件で物性低下速度が異なる

1989 年の生分解性プラスチック研究会により、「自然界において微生物が関与して環境に悪影響を与えない低分子化合物に分解されるプラスチックである」と定義され、国（環境省）は生分解性ポリマーへの代替を推進しているが、物性低下が顕著で、現状は全プラスチックの 1%程度であり、短期間の間に 10%以上まで普及するのは困難と思われる。

3) 使い捨てプラスチックの製造・販売を禁止する

レジ袋の規制とペットボトルの規制が先行している。2017 年までの規制の実態を中心にまとめる。

① レジ袋の規制

2008 年にルワンダでレジ袋の使用・販売が禁止されたのを皮切りに周辺国のタンザニア、ケニアなどに広がったのが始まりである。

2014 年 8 月に米国カリフォルニア州でレジ袋禁止法案が成立し、同年 11 月に EU が加盟国へレジ袋削減案策定を義務付け、2025 年までにレジ袋の消費を 1 人年間 40 枚まで削減するのを EU の目標に設定した。2016 年には英国でレジ袋の有料化が始まり、フランスでは使い捨てプラスチックの禁止法案が 2017 年 1 月に成立した。レジ袋規制は各国により様々であるが、表 1 に示すように、使用禁止、有料化、課税に大別される。年間 500 億枚のレジ袋が使われていた日本でも 2020 年 7 月に有料化が義務付けられるようになった。

表 1：世界各国でのレジ袋規制

使用禁止	有料化	課税
フランス	スウェーデン	デンマーク
イタリー	フィンランド	ベルギー
エリトリア	オランダ	ルクセンブルグ
ルワンダ	ドイツ	アイスランド
ブータン	オーストラリア	アイルランド
ルガディヤ	スペイン	ケニア
カメルーン	ボツワナ	
中国 *	南アフリカ	
インド	韓国	
	インドネシア	
	英国	
	ポルトガル	

* 非分解性のみ禁止、
分解性は有料化

② ペットボトルの規制

2014年3月に米国サンフランシスコ市で、公共施設内限定ではあるがペットボトルでの飲料水の販売が禁止された。日本のペットボトルの生産量は2004年の148億本から2016年には227億本と12年間で50%も増えている。また、自動販売機の普及が進んだ結果、回収率も低下傾向にある。

ペットボトル削減策として、各国の空港施設で持参容器（マイボトル）へ飲料水を無料で供給するシステムの運用が始まり、公共施設や市中で水飲み場の設置が広がり始めている。中国では、冷水だけでなく温水も供給し、乳児を抱える母親に重宝されている。これまでの3R（Reduce, Reuse, Recycle）に、新しく3R（Refuse, Repair, Redesign）を加えた6Rが重要といわれているが、マイボトル持参運動はRefuseの具体例である。

③ 2018年以降の動き

欧州委員会、欧州投資銀行、世界自然保護基金等は、2018年3月8日に持続可能な海洋経済のための金融原則を発足した。この原則は14項目あり、生物生息地保護、海洋プラスチック汚染、乱獲等の幅広い海洋問題を取り上げ、環境保護、調査活動、技術開発等のあらゆる分野での協働、対話の重要性を確認し、それらを促す投資活動を推進している。

英国マクドナルド[®]はプラスチック製ストローの使用を段階的に廃止し、紙製ストローに変えると同時にセルフサービスで提供するのではなく店員が客に直接手渡して提供する方式に変更した。最近この動きがチェーン店を中心に急速に広がっている。

ペットボトル等のプラスチック製飲料容器についてEU加盟国は2025年までに90%以上回収義務を負う。回収方法には、デンマーク等で導入されてい

るデポジット制を取り入れることを想定している。

G7 シャルルボワ・サミットは2018年6月9日、海洋プラスチック問題等に対応するため、世界各国に具体的な対策を促す「健康な海洋、海、レジリエントな沿岸地域社会のためのシャルルボワ・ブループリント」を採択し、米国と日本を除く英国、フランス、イタリア、ドイツ、カナダの5か国とEUは、自国でのプラスチック規制強化を進める「海洋プラスチック憲章」に署名した。日本は署名しなかったが理由として「趣旨は賛成だが、国内法が整備されておらず、社会に影響を与える程度が不明のため」とした。

「海洋プラスチック憲章 ー抜粋」

- ー 2030年までに、プラスチック用品を全て再利用可能あるいはリサイクル可能、また再利用やリサイクルが不可能な場合は熱源利用等の他の用途への利用に転換する。
- ー 不必要な使い捨てプラスチック用品を著しく削減し、代替品の環境インパクトも考慮する。
- ー プラスチックごみ削減や再生素材品市場を活性化するため政府公共調達を活用する。
- ー 2030年までに、可能な製品では、プラスチック用品の再生素材利用率を50%以上にする。
- ー プラスチック容器の再利用またはリサイクル率を2030年までに55%以上にし、2040年までに100%に上げる。
- ー プラスチック利用削減に向け、サプライチェーン全体で取り組む方策を採用する。
- ー 海洋プラスチックごみの生成削減や既存ごみの清掃に向けた技術開発分野への投資を加速する。
- ー 逸失・投棄漁具（ALDFG）等の漁業用品の回収作業に対する投資等を謳った2015年のG7サミット宣言の実行を加速する。

2019年3月にケニアのナイロビで開催された国連環境総会の閣僚宣言からの抜粋は、

- ー 大気質、水質、土壌、生物多様性、森林伐採、海洋ごみ、化学物質及び廃棄物を含む環境モニタリングシステムと技術を改善するとともに、国家環境データ管理の能力開発を奨励する。
- ー 2030年までに使い捨てプラスチック製品を大幅に削減することを含め、プラスチック製品の持続不可能な使用と処分によって引き起こされる生態系への被害に取り組むとともに、適正な価格で環境に優しい代替品を見つけるために、民間部門と協働する。

2019年5月10日に有害廃棄物の国境を越えた移動を規制するバーゼル条約

の締約国会議で、リサイクル資源として扱われる汚れた廃プラは、輸入国政府の同意がなければ輸出できないことを示す条約付属書の改正が採択された。米国は不参加であり、汚れた廃プラの基準や事例は合意に盛り込まれず運用は各国の判断に委ねられるなど問題含みだが、日本を含む 180 以上の国・機関が締結した。発効は 2021 年 1 月から。フィリピンとカナダの外交問題が生じるなど早くも影響が生じている。



Photo from Scrap Magazine



Photo from Basel Action Network

図 5：中国に持ち込まれたプラスチックごみ 図 6：川に流されるプラスチックごみ

2019 年 6 月に大阪で開催された G20 で出された海洋プラスチックごみ対策の抜粋は、

- 2050 年までに海洋プラスチックごみによる新たな汚染をゼロにまで削減することを目指す。
- 日本政府は 2025 年までに、廃棄物管理の人材を世界中で 1 万人育成する。
- G20 海洋プラスチックごみ対策実施枠組みに沿って、各国は自主的に監視体制を整え、科学的知見を共有したり対策の情報共有を進めたりするため、毎年協議を行う。第 1 回として今年秋に日本で G 2 0 参加国、地域による協議を行う。

4) リサイクルしやすいプラスチック製品の開発

プラスチックのリサイクルを困難にしている要因として下記の諸点が挙げられる。顧客や市場の要求に合わせて高機能化を図った結果であり、Simple is best. という原則からは逸脱している。

- ① プラスチックに使用する樹脂の種類が非常に増え、分子量や構造の異なるものまで含めると 2000 種とも言われる
- ② 添加剤の種類も増え、樹脂と添加剤を組み合わせたコンパウンドでは天

文学的な数まで達した

- ③ プラスチックを何層も積層させた製品が開発され上市された
- ④ 樹脂/添加剤に繊維状や粒状のフィラーを配合した製品が開発され上市された

異なる種類のプラスチックを混合して成形すると一般に製品の物性が低下する。プラスチックをリサイクルする場合にはプラスチックの種類ごとに分別することが必要である。エネルギーもコストもかかる。単一素材で複数素材を組み合わせた製品と同等の機能を持った製品が開発できればリサイクルしやすいプラスチック製品となる。図 7 に示す現在のシャンプー容器は蓋が PP、本体が PET と素材が異なるため分別して収集する必要があるが、蓋の部分と本体を PP で成形できれば分離・分別することなくリサイクルが可能になる。

図 8 に示すように、剛性が求められる蓋の部分は剛性の高い PP で成形し、柔軟性が求められる本体部分は軟質 PP で成形することが出来ればリサイクル可能なシャンプー容器が開発される²⁴⁾。先に述べた 6R の一つである Redesign の一例である。



図 7： 現在のシャンプー容器
(本体と蓋が異なる)



図 8 : 蓋のないシャンプー容器

こういった新しいデザインの考え方は意味のイノベーションあるいは意味のデザインと呼ばれ^{25)、26)}、このような考え方に基づく製品が開発される時代が待ち望まれる。このような複雑な構造を持つ製品を通常のプラスチック成形法で成形することは困難であったが、層の上に材料を付着させて新しい層を形成することで物体を 3 次元形状の数値表現から作成するプロセスとして定義される 3D プリンティング技術や^{27)、28)}、それに時間変化を加えた 4D プリンティング技術であれば複雑な形状を有する成形体も成形可能と思われる²⁹⁾。

5) 小さな破片まで劣化しない樹脂・添加剤系の開発

生分解性ポリマーへの代替と逆の発想である。海洋中で小さな細片まで分解すると回収が困難になるが、大きなプラスチックのままだと回収することも可能であり、回収方法も各種の方法が提案されている。

海洋に廃棄されたプラスチックが 5 mm以下のマイクロプラスチックまで劣化するのは力学的な破損（クリープ、疲労、衝撃など）に、化学劣化や生物劣化が加わって起こると予想され、長崎大学の中谷先生たちは、劣化の ABC 論を提唱している。A は Abiotic degradation (化学劣化)、B は Biotic degradation (生物劣化)、C は Cutting by wave degradation (物理劣化) を示す。

マイクロプラスチックまで劣化する機構が分かれば、対策案も生まれる。例えば、衝撃による破損が主原因だとすれば、衝撃力を緩和する構造を樹脂や添加剤に入れておけばマイクロプラスチック化が防げ、海洋での回収チャンスを増やすことが可能になる。

材料表面の摩擦係数の平均値を測定することで、図 9 に示す brittle fracture stage から final degradation stage へ移行する点 (Point 2) が決定可能なことが分かり³⁰⁾、海洋に流出したプラスチックごみ（レジ袋等）が海

洋中で 5 mm以下のマイクロプラスチックになる劣化機構の研究に役立つと期待される。

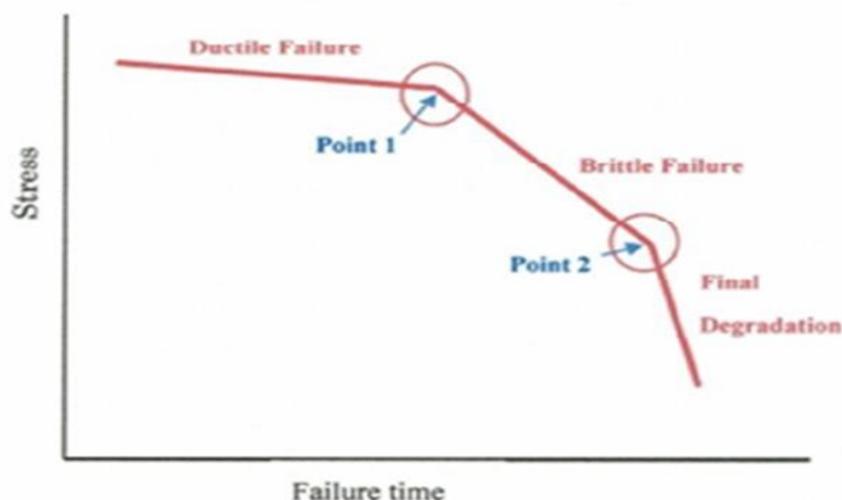


図 9：材料劣化の 3 段階進行

これまで、材料開発者は材料の特性を失う brittle fracture stage に移行する Point 1 だけに関心を持ち、この点を長期側にシフトする方策を中心に研究し、材料開発を行ってきた。私が砂漠で 15 年走行しても内装表面が劣化しないクルマづくりに成功したのも、Point 1 を時間軸で 1 桁長期側にシフト可能な材料開発に成功した結果である。しかし、マイクロプラスチックの生成メカニズム研究では、Point 1 だけでは不十分であり、Point 2 の両方について研究する必要がある。

6) 非破壊劣化診断による劣化管理と寿命予測で非管理の短期使用から管理された長期使用にプラスチックの需要構造を変える

プラスチック廃棄物を削減するには、レジ袋など使い捨てにつながる短期用途を減らし建材、パイプなど管理可能な長期用途を増やす必要がある。代表的な汎用樹脂であるポリエチレンは石油（ナフサ）に加え、石炭（CTO：Coal To Olefin）、排ガスとして燃焼させていた低沸点ガス（GTO：Gas To Olefin）やトウモロコシ、サトウキビなどのバイオ原料から原料のエチレンを合成することが可能で、早い場合 2020 年代にも起こることが予想される石油危機への対応力が一番高いが、需要構造は図 10 に示すようにフィルム・シート用途が 65% と三分の二を占め、そのうちの約半分、全体の三分の一が使い捨て用途であるなど、プラスチックごみ削減には問題が大きく、短期用途から長期用途への需要構造が必要である。

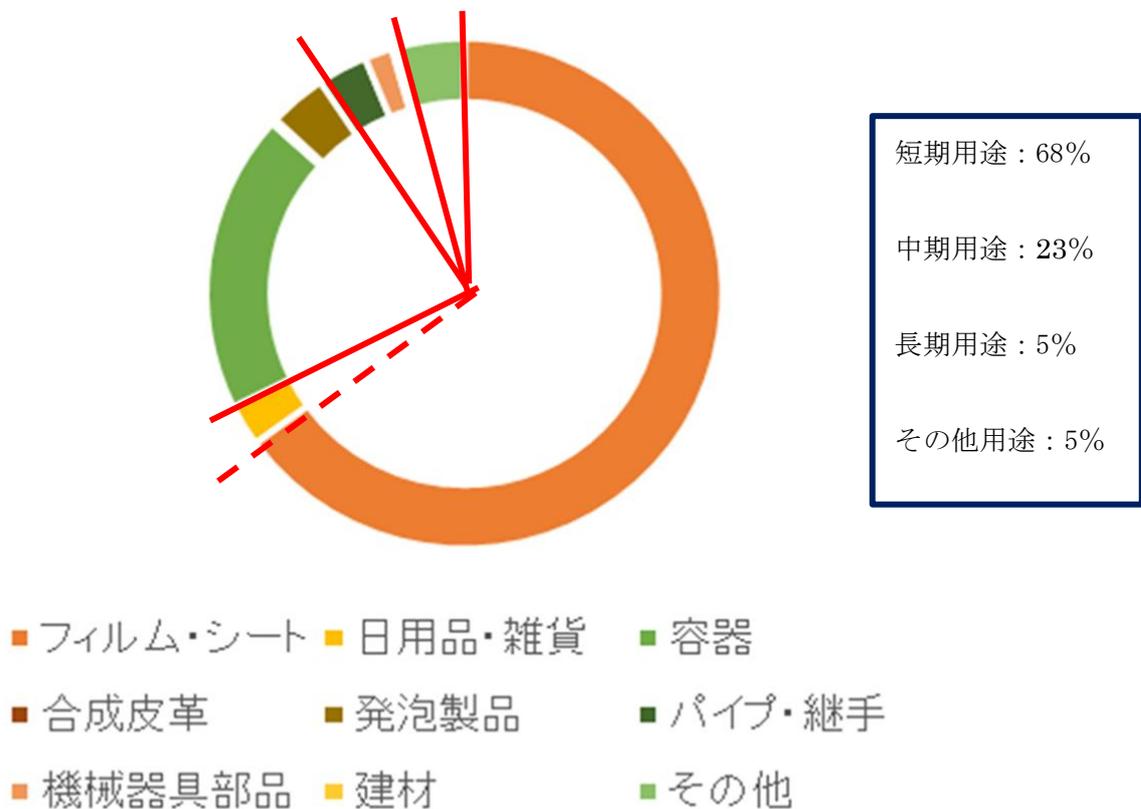


図 10：ポリエチレンの需要構造
 (出典：2017 年経産省生産動態統計「プラスチック製品」)

ポリエチレンの資源循環の現状を図 11 に示す。この図からポリエチレン産業には 3 つの問題点があると指摘される。一点目は、新規樹脂、コンパウンドや製品開発といった動脈側の研究開発がヒト・モノ・カネを使って活発に行われる一方、製品のリサイクルなどの静脈側の研究開発が手薄であり、完全な資源循環になっていない点である。二点目は管理可能な長期用途の製品開発が遅れた結果、意図しない流出 (Leak) で海洋プラスチックごみが増加している点である。三点目はせつかく回収して分離・分別したリサイクルポリエチレンも付加価値のある用途がないため、サーマル・リカバリーと称して燃やされたり、資源ゴミとして東アジア・東南アジア諸国に輸出される点である。

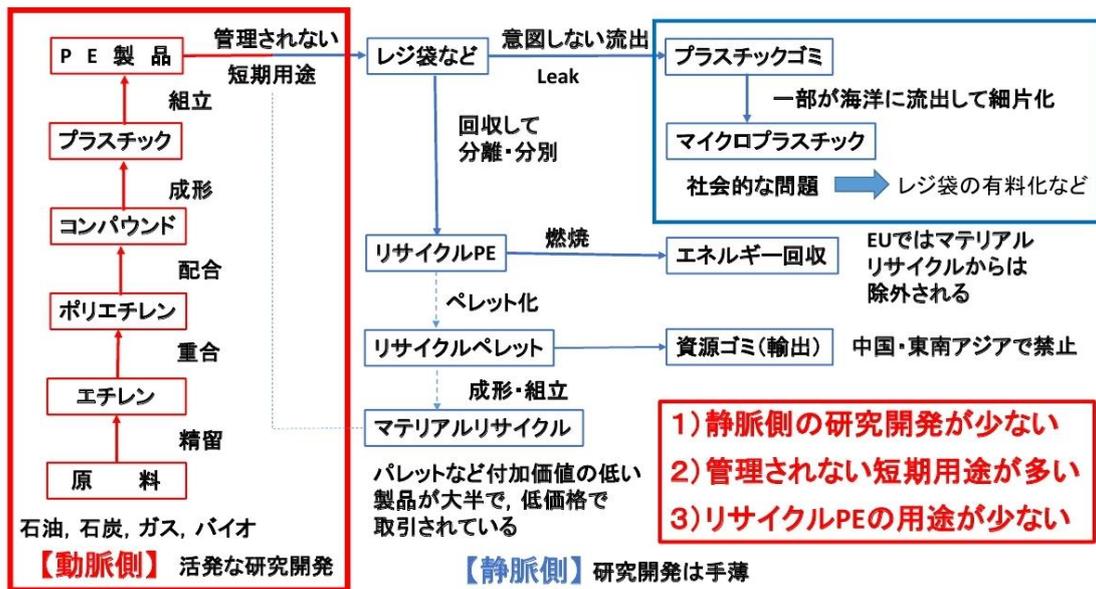


図 11：ポリエチレンの資源循環（現状）

5. プラスチック産業の構造改革（完全な資源循環を目指して）

プラスチックごみの発生に最も関係の深く、短期的な解決が困難なポリエチレンを取り上げ、解決策を提案する。

ポリエチレン製品の劣化の程度をフィールドで非破壊法により正しく評価する方法がないことが建材やパイプ用途などの長期用途が増えない理由の一つである。また、ポリエチレンは剛性や耐熱性が低いことも建材やパイプ用途への展開を妨げている一因である。

剛性や耐熱性を上げる方法として次の諸点が考えられる。

- ① 超高分子量化（UHMWPE）
- ② 高結晶化、高結晶配向（微視的な構造制御）
- ③ 繊維強化コンポジット（GFRP, CFRP など）
- ④ 厚肉化 と 軽量化を兼ね備えた FSC (Foam Sandwich Construction)
- ⑤ 巨視的な立体構造制御（昆虫に学ぶエントモミメティックサイエンス）

このうち①～③は高剛性化には有効であるが、ポリエチレンの持つ柔らかさが損なわれ好ましくない。⑤も魅力的な解決策であるが、まだ研究途上で未完成的な技術である。ここでは一番実用化に近く、海外ですでに実用化が始まっている④の回転成形による FSC について述べる。

回転成形は下記に示す長所を持つ。

- － 大型の中空体の一体成形が可能
- － デザインの自由度が高く、複雑な形状の成形体が成形可能
- － 多品種小ロット成形に適す

- 地産地消型の成形に適す
- 各層ごとにそれぞれ別の機能を持った FSC 成形に適す

最後に述べた長所は重要で、例えば電気自動車のように車体の軽量化と同時に様々な機能付与が求められる場合には、図 12 に示すように各層に機能を割り振ることが可能になる。



図 12：電気自動車の外装材を想定した FSC

我々は FSC 中間発泡層用ポリエチレンの研究を行い、以下に示す実験結果を基に「様々なグレードが混在するリサイクルポリエチレンは、発泡剤として OBSH を用いると FSC の中間発泡層に使用できる可能性がある」というリサイクルポリエチレンの用途開発を行うに際して役立つ結論を得た。

- 発泡剤の種類による影響に比べて樹脂の種類による影響は小さい
- 化学発泡剤では、OBSH が低温発泡が可能で、細かいセルの発泡体が得られる
- OBSH は安定した倍率の発泡体が得られる温度域が広く、成形 Window が広い
- FSC の成形条件は、PIAT が 180~200°C、発泡倍率は 4 倍が限度

しかし、回転成形による FSC 成形では、成形時間が長くなる上に成形に多くの工数を要するという大きな欠点を有す。この欠点を解消する目的で、EU では 2009 年に Funding Mechanism を用いて FSC の第 2 層、第 3 層用原料パウダーの自動供給装置の開発を目標に RotoFlex Project という名称のコンソーシアムを立ち上げた。プロジェクトの参加団体を表 2 に、自動供給装置の概念を図 13 に示す。

開発した原料自動供給装置にロボット技術とコンピューター制御技術を用いた金型の直接加熱・冷却装置を組み込んだ、FSC 成形が可能な全自動回転成形が完成し、2018 年秋に開催された ARMO 2018 Hamburg で展示されていた。成形機の外観と試作した FSC を図 14 に示す。上市された FSC 用全自動回転成形で、必要な剛性と必要な機能性を兼ね備え、中間発泡層にリサイクルポリエチレンを用いた様々な大型中空製品が作られ、ポリエチレンの需要構造の変革と同時に廃棄されるポリエチレンごみの大幅な減少が期待される。

FSC を用いた将来のポリエチレンの資源循環図を示す図 15 に示す。

表 2 : RotoFlex Project の参加団体

Participant Name	Short Name	Country	Role
Smithers Rapra Technology Limited	Rapra	United Kingdom	Coordinator
University of Minho	Minho	Portugal	University
Queens University Belfast	QUB	United Kingdom	University
ASSOCOMAPLAST	Assoc	Italy	Industry organization
ARM-CE	ARM	Germany	Industry organization
Vlaams Kunststof Centrum	VKC	Belgium	Industry organization
British Plastics Federation	BPF	United Kingdom	Industry organization
Maus Mould Services	Maus	Germany	Private enterprise
Tecni-Form Ltd.	Tecni	United Kingdom	Private enterprise
Sorcerer Machinery	Sorc	United Kingdom	Private enterprise
493K Ltd	493K	United Kingdom	Private enterprise

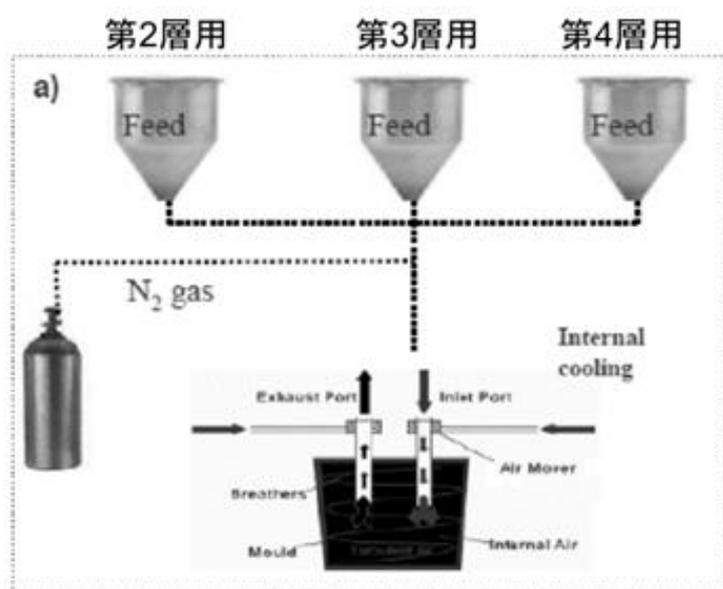


図 13 : 原料自動供給装置の概念図

Industrial 4.0 の活用

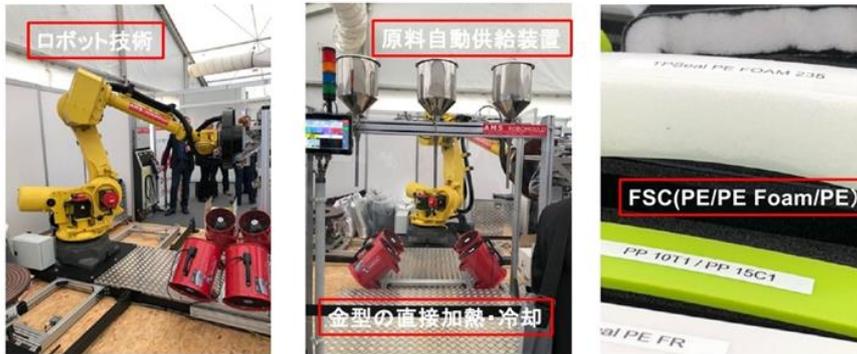


図 14 : FSC 用全自動回転成形機 RMO 2018 Hamburg の AMS 展示ブースで撮影 (2018. 9. 17)

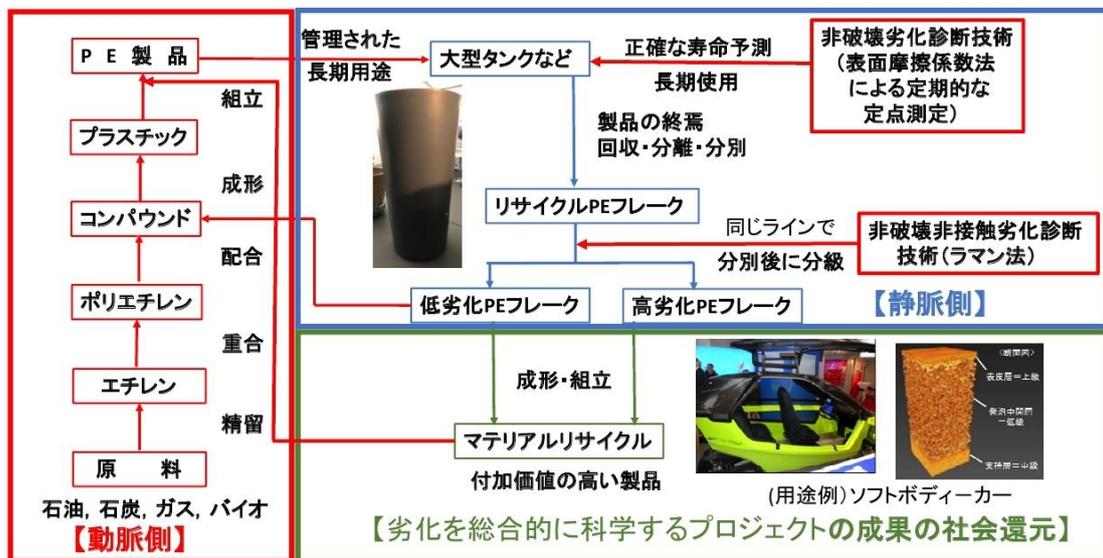


図 15 : ポリエチレンの資源循環図 (将来)

6. マテリアル学会マイクロプラスチック研究会

マテリアルライフ学会では、2019 年 1 月にマイクロプラスチック研究会を設立した。

1) 設立の目的

海洋に流出するプラスチックは、近年地球規模の環境問題として国連の持続可能な開発目標 Goal 14 (海の豊かさを守ろう) に示されるなど、国内外で社会的関心が高まっている。その中で、大きさが 5 mm 以下のマイクロプラスチック (MP) については、海洋中での生成機構やその挙動、生態系への影響など科学的に未解明な点が多く今後の研究の進展が待たれている。

マテリアルライフ学会は設立以来 30 年にわたり、「材料の耐久性」をテーマとする学会として各種プラスチック製品が環境中で劣化するメカニズムや寿命予測について多くの研究成果を挙げてきた。しかしながら、劣化し商品価値が失われたあとの崩壊、細片化過程についてはこれまであまり熱心な研究は行われてこなかった。

マイクロプラスチック研究会は、学会設立 30 周年を機会に、「劣化からその先へ」として、各種プラスチック製品が劣化後に崩壊、細片化してマイクロプラスチックが生成するメカニズムを明らかにすることを目的とする。これにより、プラスチック製品の環境排出からマイクロプラスチックに至るまでの環境運命が明らかになり、マイクロプラスチックの環境中での挙動を定量的かつ時系列的に解析する上での基礎的な知見が得られる。また将来、マイクロプラスチック生成防止のための製品設計を行うための貴重な情報が得られることも期待される。

2) 活動内容

- ① マイクロプラスチックの分析手法の開発
- ② プラスチック微細化過程のモデリング試験法の開発
- ③ 環境中でプラスチックが微細化する機構の解明
- ④ 環境中で微細片まで劣化しにくい構造を持つプラスチックの開発
- ⑤ マイクロプラスチックに関連する情報の収集と解析
- ⑥ マイクロプラスチックに関連する正しい情報の発信
- ⑦ マイクロプラスチックの試験法等を検討している ISO/TG61/SC14/WG4 や、German Environment Agency 等との協働

【参考文献】

- 1) Vandenbroucke, T. et al., *Nature Communications* 6, Article 7966, (2015)
- 2) Harris, L., The American Museum of Natural History. (2007)
- 3) McCombs, R, M. Biddle, *Plasticity* London, 21 September (2016)
- 4) Nandan, U. (2017), *Plasticity* Anaheim, 9 May 2017
- 5) Ellen Macarthur Foundation, <http://www.elenmacarthurfoundation.org>.
- 6) Mackerron, C. (2017), *Plasticity* Anaheim, 9 May 2017
- 7) 中川環境大臣記者会見録, 2018年6月26日
- 8) 清野聡子, *科学*, 82 卷 4 号, 433 (2012)
- 9) 松田治, *アクアネット*, 18 卷 9 号 (2015)
- 10) 鈴木良典, *国立国会図書館 調査と情報*, No. 927 (2016)

- 11) 兼廣春之, 化学物質と環境, No. 137, 2016.5, 8 (2016)
- 12) 兼廣春之, JBPA 講演資料, 2017 年 3 月 9 日, (2017).
- 13) 高田秀重(2017), 海洋プラスチックごみシンポジウム資料, 2017 年 8 月 26 日
- 14) Plastics Europe, Plastics - the facts 2015 (2015)
- 15) 五十嵐敏郎, 比江嶋祐介, 木田拓充, 新田晃平, 次世代ポリオレフィン総合研究, Vol. 11, 44 (2017)
- 16) Jambeck. R. J. et al., *Science*, Vol. 347, Issue 6223, 768 (2015)
- 17) Eunomia, <http://www.eunomia.co.uk/reports-tools/plastics-in-the-marine-environment/>
- 18) World Economic Forum, January2016, 7. <http://www3.weforum.org/docs/>
- 19) Sebille, van Erik et al., *Environmental Research Letters*, Vol.10, No.12, 7, (2015)
- 20) Isobe A. et al., *Marine Pollution Bulletin*, Vol.101, Issue 2, 618 (2015)
- 21) Tanaka, K. et al, *Marine Pollution Bulletin*, 69(1-2), 219 (2013)
- 22) Yamashita, R. et al, *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2845 (2011)
- 23) BMBF (Bundesministeriums für Bildung und Forschung) Dem Plastik auf der Spur, 19 October 2017
- 24) Valente, M., Plasticity London, 21, September 2016
- 25) 安西洋之, 八重樫ら, 「デザインの次に来るもの」(株)クロスメディア・パブリッシング (2017)
- 26) ベルガンティ・ロベルト, 『突破するデザイン』日経 BP 社 (2017)
- 27) 五十嵐敏郎, 日本デザイン学会誌, 22(4), p. 24. (2015)
- 28) 五十嵐敏郎, 成形加工, 28(7), 288 (2016)
- 29) 五十嵐敏郎, 成形加工, 29(7), 254 (2017)
- 30) Igarashi. T et. al., *J. Polym. Eng.*, 39, 805 (2019)
