

国際社会が懸念する 水利用の持続可能性と 海洋プラスチックごみ問題： 科学技術への期待はなにか

2019年8月29日

JST研究開発戦略センター

環境・エネルギーユニット 松村 郷史



国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy Japan Science and Technology Agency

SDGs目標 6

全ての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する

- (1) 淡水資源の不足（「量」の不足）
- (2) 持続可能な水の安全（水の「質」）

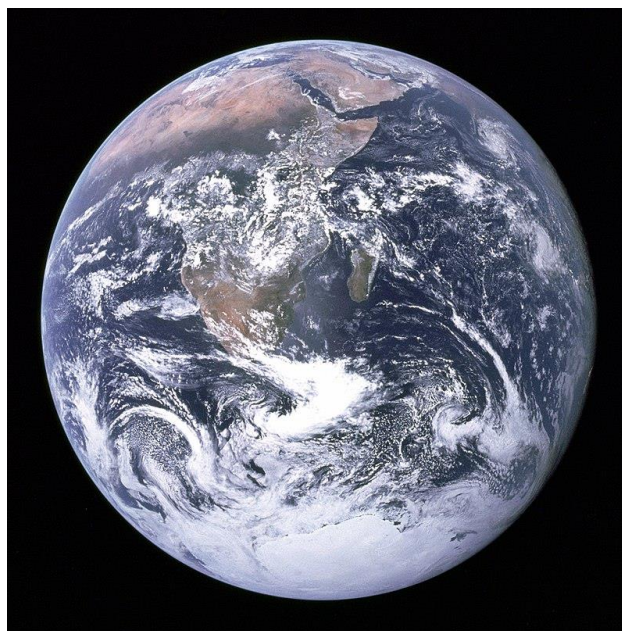
1. 国際社会が懸念する水利用の持続可能性

(1) 淡水資源の不足 (量の不足)

世界の水危機 “Water crisis” とは？

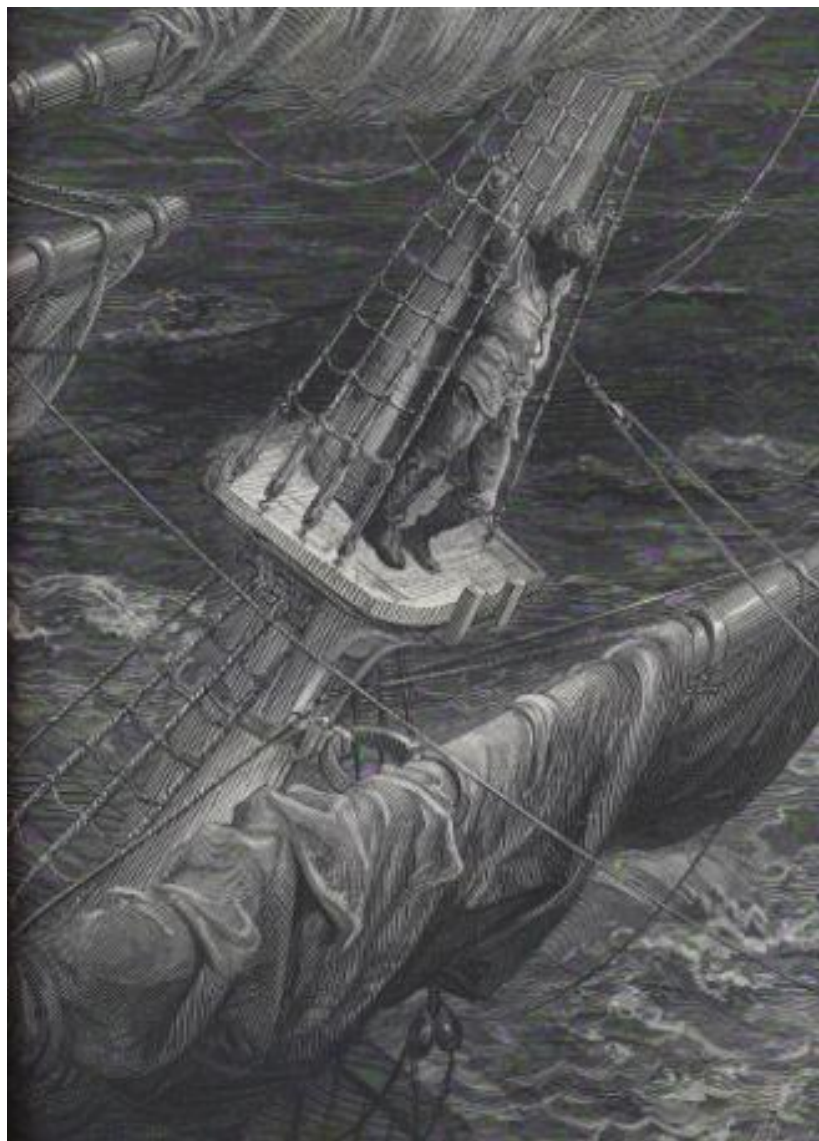
➡ “Too little Water” problem 水不足問題

➡ 地球は水の惑星なのになぜ水が足りない？



1. 国際社会が懸念する水利用の持続可能性

(1) 淡水資源の不足 (量の不足)



“Water,
water everywhere,
nor any drop to drink”

「あちらにも水、こちらにも水、
至るところに水がある。

だが飲める水は一滴も無い」

英国Samuel Taylor Coleridgeの
詩The Rime of the Ancient Mariner (1798年)。
海上で難破した古代の船乗りの台詞。

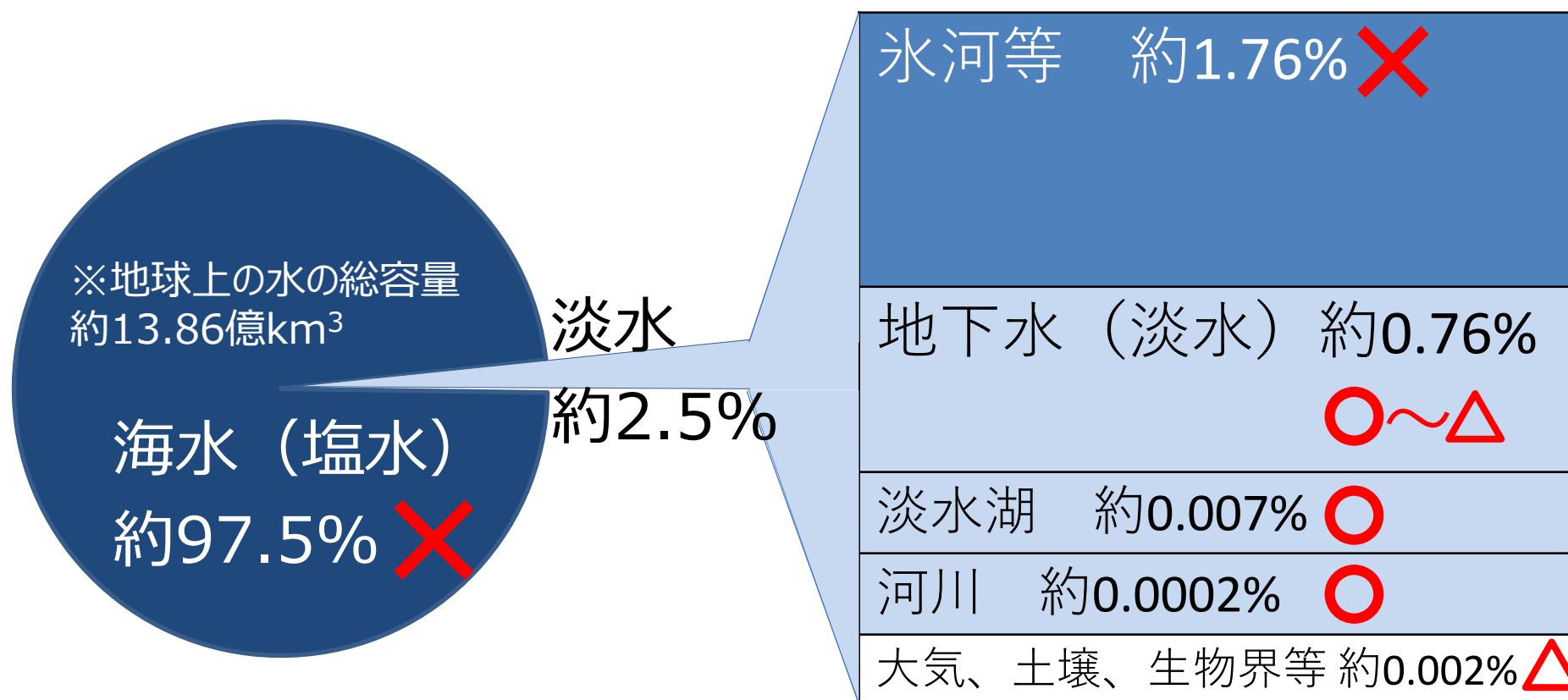
1. 国際社会が懸念する水利用の持続可能性

(1) 淡水資源の不足（量の不足）

✓ 人間が利用できる淡水資源の量は限りがある。

✓ 地球上の水の約97.5%は海水で、残り約2.5%が淡水。

人間が利用しやすい淡水（湖や河川、地下水）は約0.77%のみ。

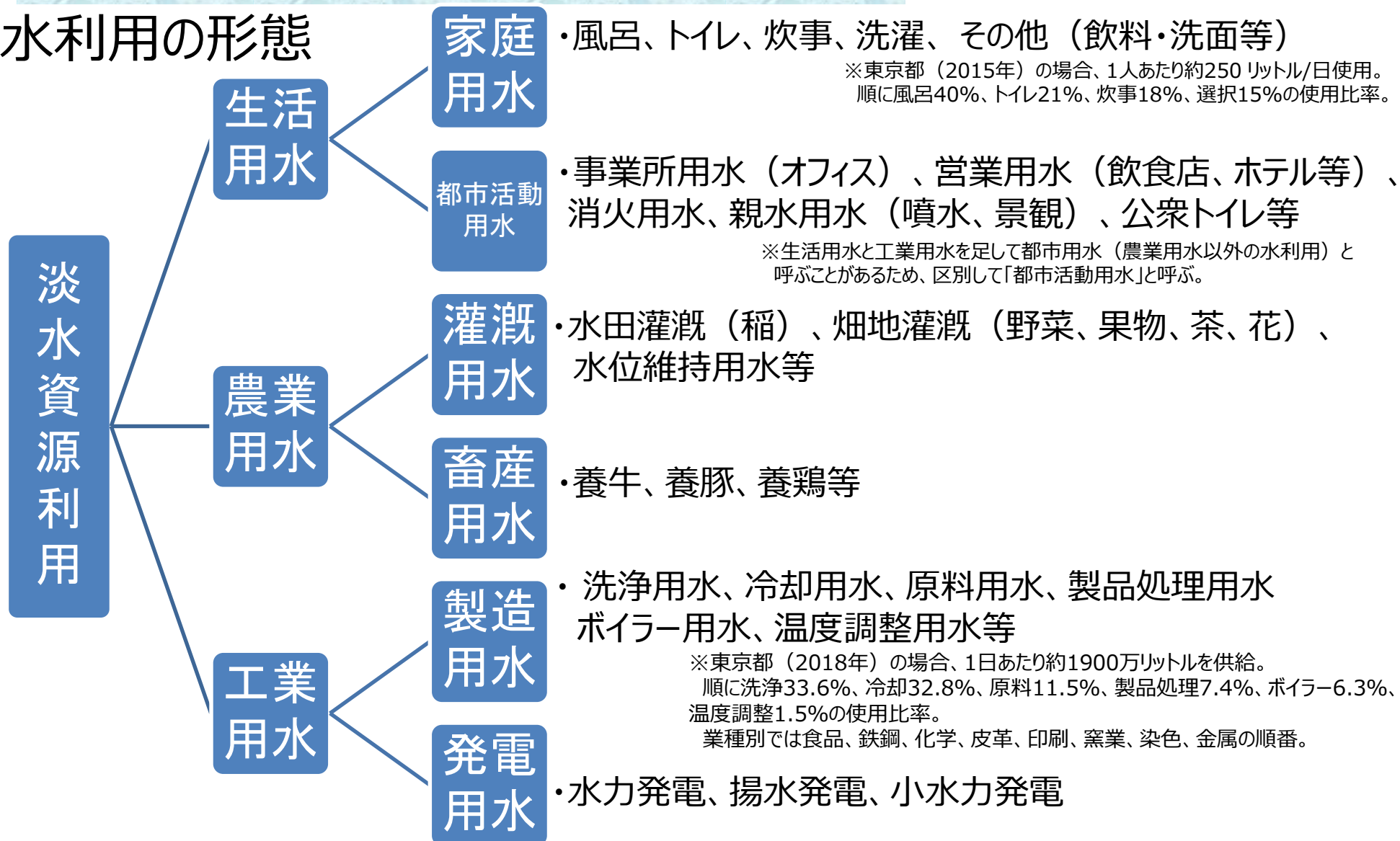


【参照】I, A. Shiklomanov, Assessment of Water Resources and Water Availability in the World, 1996年（世界気象機関）

1. 国際社会が懸念する水利用の持続可能性

(1) 淡水資源の不足 (量の不足)

水利用の形態



1. 国際社会が懸念する水利用の持続可能性

(1) 淡水資源の不足（量の不足）

- ✓ 世界人口の増加により、農業用水、生活用水に用いる淡水が不足。
- ✓ 世界の経済成長に伴い、工業用水に必要な淡水が不足。

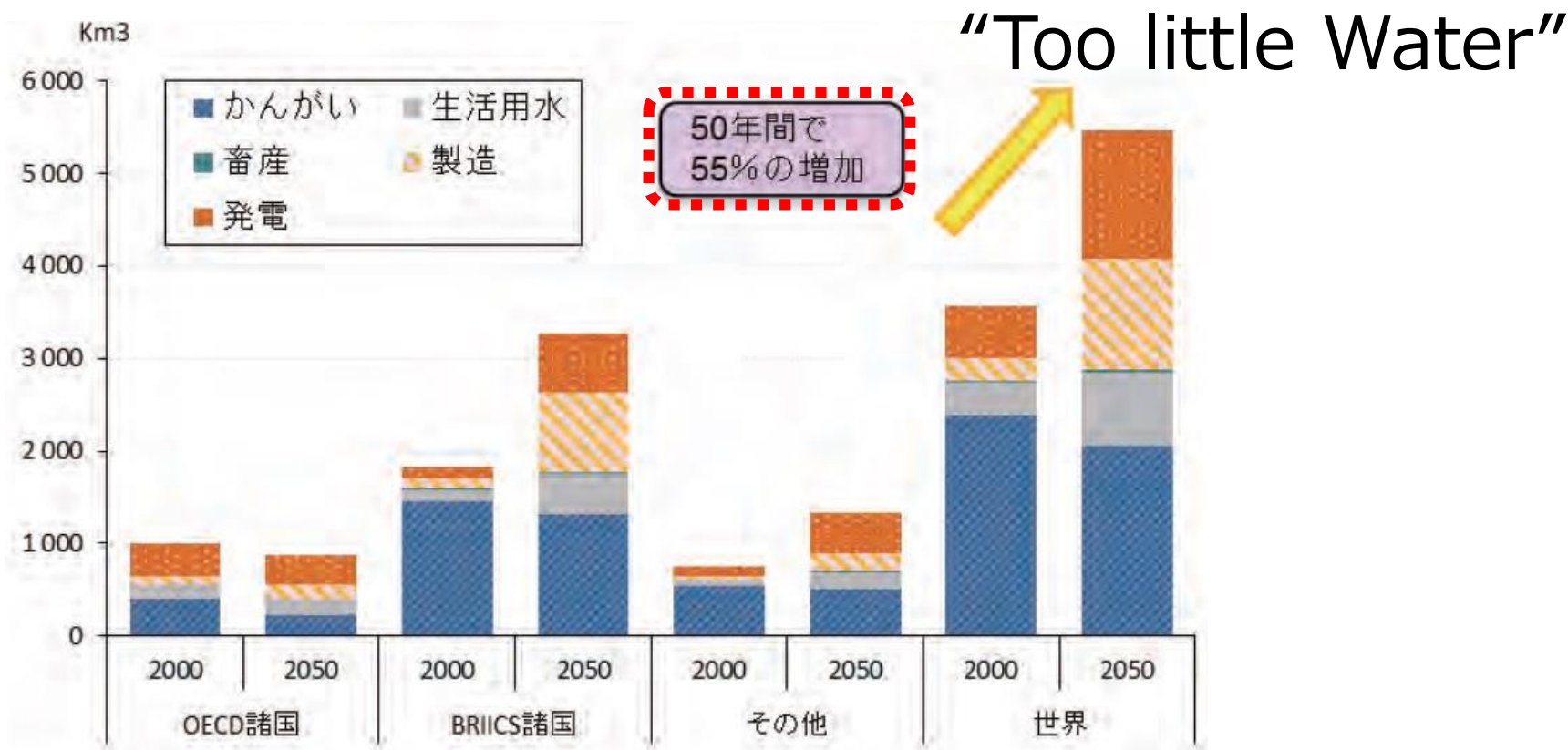


図. 世界の水の使用量の予測

【図出典】水循環白書・令和元年版（2019年）

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/mizu_junkan/h30_mizujunkan_shisaku.html（2019年7月8日アクセス）

1. 国際社会が懸念する水利用の持続可能性

(1) 淡水資源の不足 (量の不足)

✓ 紀元前3000年頃のメソポタミア文明も灌漑の失敗等で砂漠化し衰退したとみられる。



図. 古代オリエントの位置 (考古学)

✓ 世界4位の面積だったアラル海が灌漑の失敗等により砂漠化。

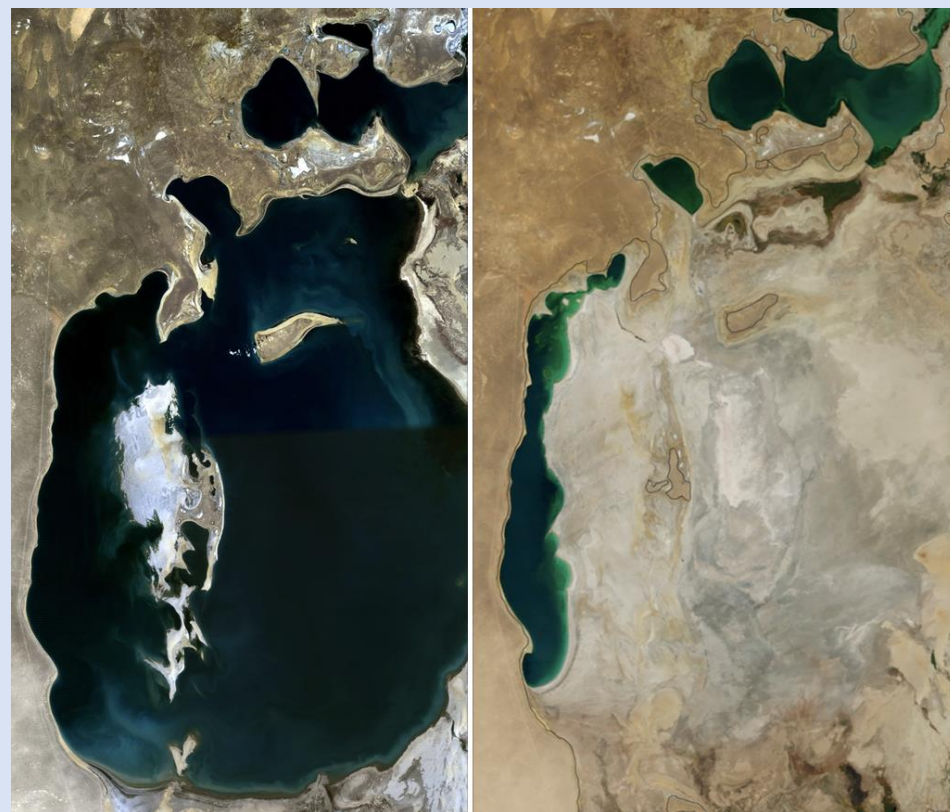
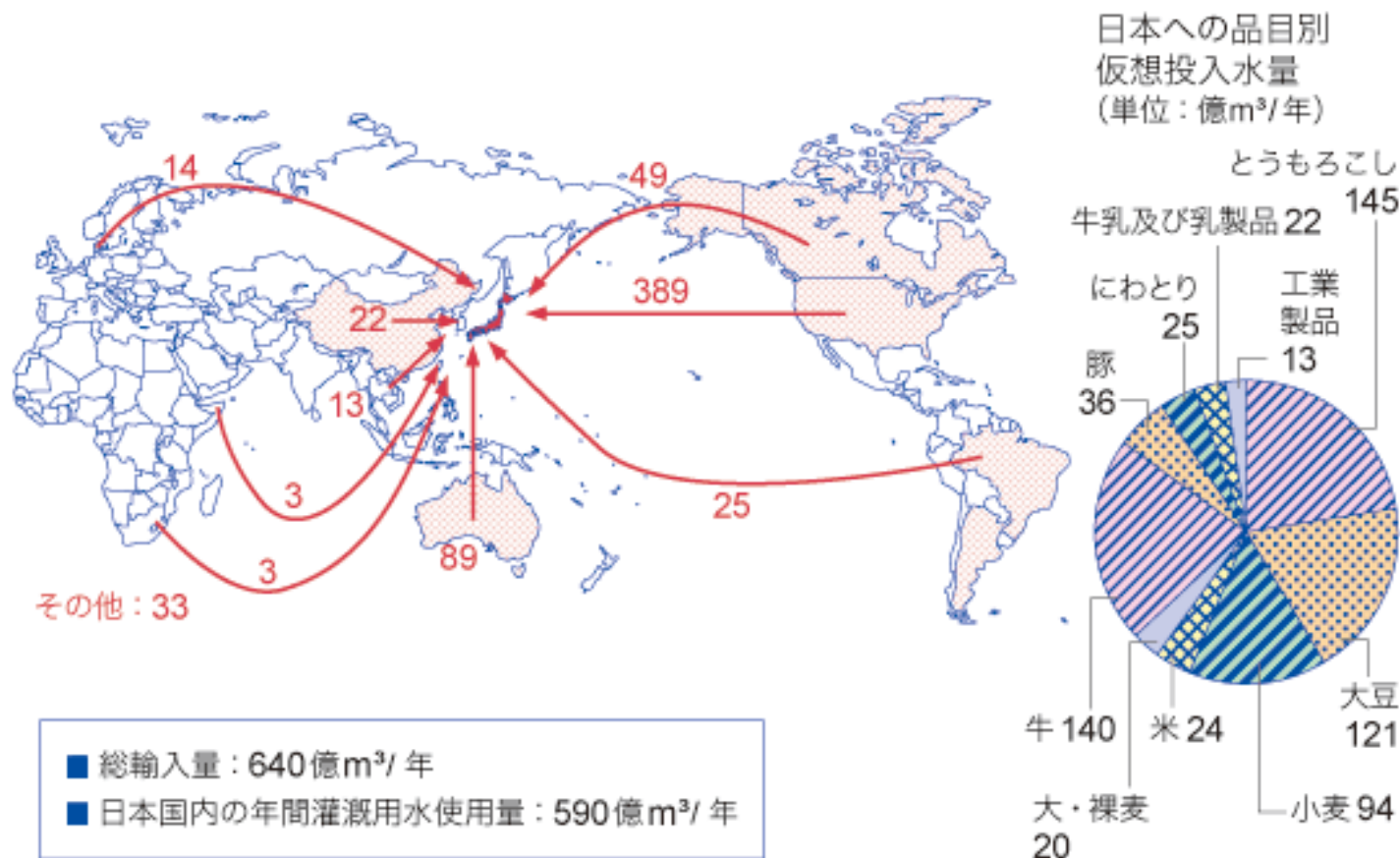


図. アラル海 (左: 1989年、右: 2014年) の比較写真

1. 国際社会が懸念する水利用の持続可能性

(1) 淡水資源の不足 (量の不足)

- ✓ 日本は食料等の輸入を通し、輸出国側の淡水を利用。
- ✓ 日本は“Virtual Water (仮想水)”の世界2位の輸入国 (2009年)。
- ✓ 国内でみると都市部は農村部の“Virtual Water (仮想水)”を利用。

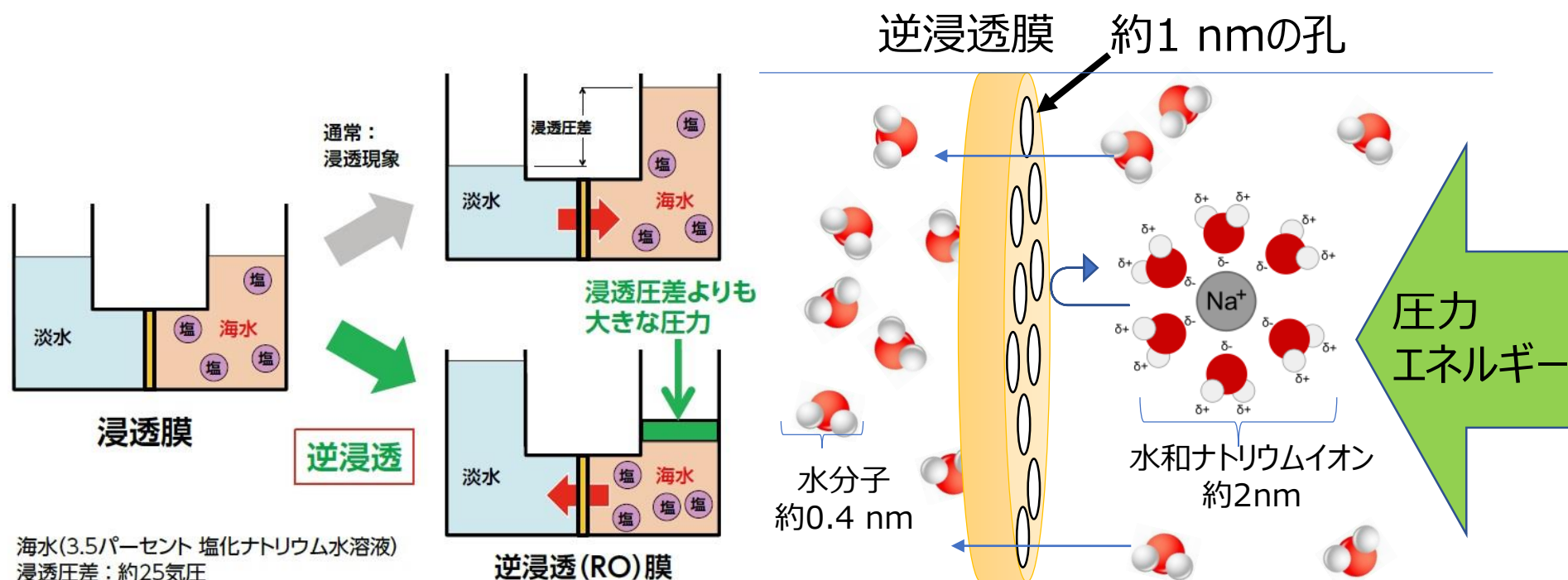


注: 都市用水 (=生活用水+工業用水) が約284億 m^3 /年、農業用水が約547億 m^3 /年。国土交通省土地・水資源局水資源部「日本の水資源 (平成21年度版)」に基づく
出所: 東京大学 生産技術研究所 沖大幹教授

1. 国際社会が懸念する水利用の持続可能性

(1) 淡水資源の不足 (量の不足)

✓ 日本は海水を淡水化できる逆浸透膜の研究開発で世界をリード。



- ・逆浸透膜は水分子と塩水成分（水和ナトリウムイオンなど）を分離する機能をもつ。
- ・逆浸透膜は約1 ナノメートルの穴が開いていて、約0.4ナノメートルの水分子は通過できるが、約2ナノメートルの水和ナトリウムイオンは物理的に通過できない。
- ・海水側（図の右側）に圧力エネルギーをかけることで、淡水を造ることが可能。

【参照】JSTニュース2019年8月号「海水を安全な飲み水に 世界の水不足を解消へ」COIアクアイノベーション拠点

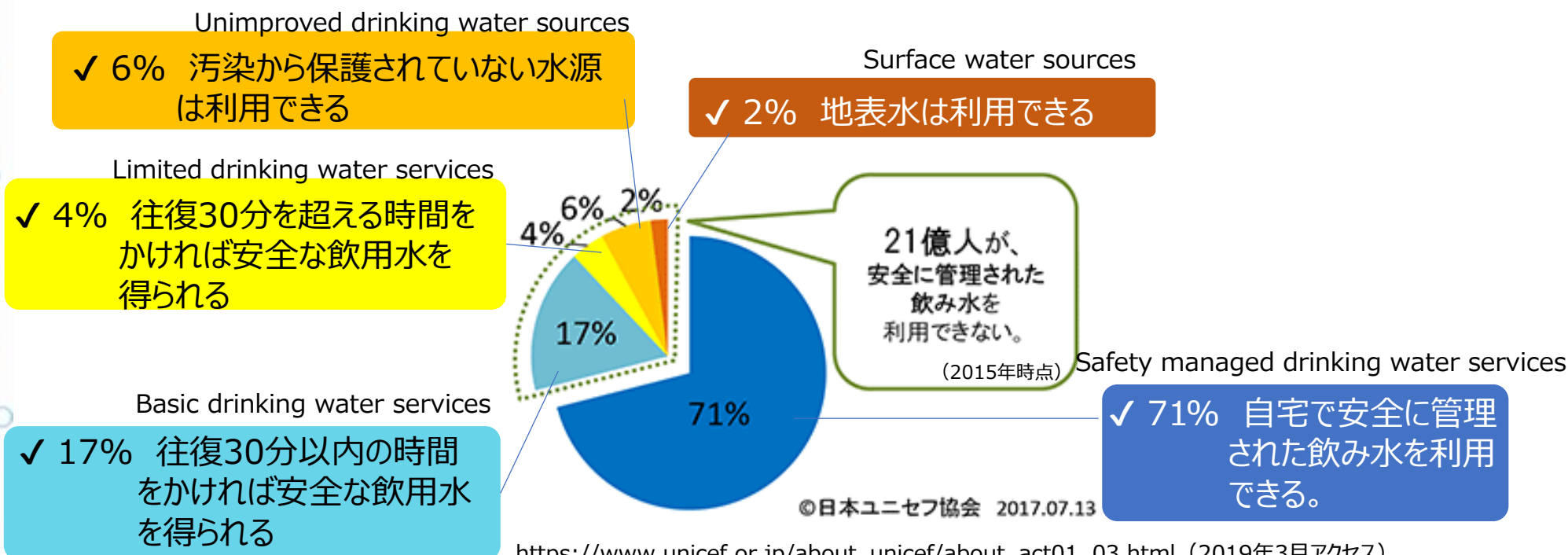
<https://www.jst.go.jp/pr/jst-news/backnumber/2019/201908/index.html> (2019年8月1日アクセス)

1. 国際社会が懸念する水利用の持続可能性

(2) 持続可能な水の安全 (水の質)

✓ 日本はO D Aの水供給・衛生分野で毎年12億\$前後
(世界の3割超) と世界トップの支援継続。

しかし、まだまだ世界の水の課題は満たされていない。



https://www.unicef.or.jp/about_unicef/about_act01_03.html (2019年3月アクセス)

円グラフ. 必要な時に、安全に管理された飲料水を自宅で利用できる世界人口

1. 国際社会が懸念する水利用の持続可能性

(2) 持続可能な水の安全 (水の質)



水を汲む女性と子供 (ソマリア)
(資料) 公益財団法人 日本ユニセフ協会



生活のために水を運搬する子供たち (コンゴ)
(資料) 公益財団法人 日本ユニセフ協会



汚染されて白濁した水を汲む女性 (タンザニア)
(資料) JICA



排水とゴミで汚れた川 (フィリピン)
(資料) JICA

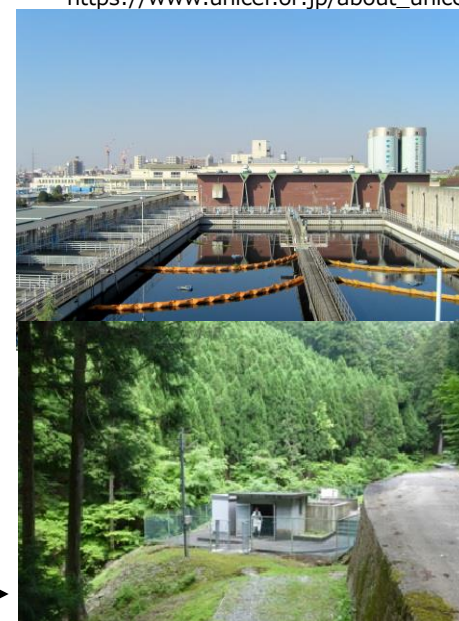
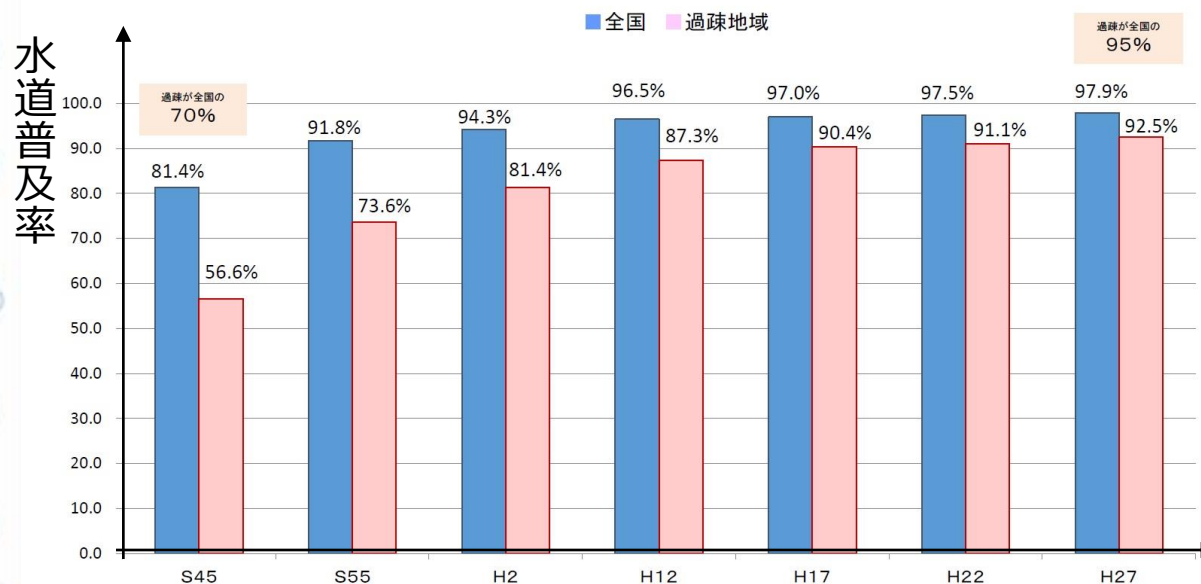
1. 国際社会が懸念する水利用の持続可能性

(2) 持続可能な水の安全 (水の質)

国内と世界のSDGs6.1.1の達成状況 (2015年時点)

指標	国内	世界	国連目標
6.1.1 安全に管理された飲料水サービスを利用する人口の割合	97.2%	71% ※推計	100%(2030年)

【出典】北九州市下水道100周年記念事業 下水道国際シンポジウム 沖大幹国連大学上級副学長・東大教授「健全な水循環と持続可能な開発」講演資料、UNICEF推計を基にCRDS作成
https://www.unicef.or.jp/about_unicef/about_act01_03.html



東京都 金町浄水場

山間部の浄水施設

【出典】総務省平成30年度第1回過疎問題懇談会 資料
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_gyousei/c-gyousei/2001/kaso/02gyousei10_04000055.html

【出典】水道技術研究センター「小規模水道事業及び施設の再構築に関する調査に係る研究」
<http://www.jwrc-net.or.jp/chousa-kenkyuu/shokibo.html>

✓ 国内でも水道・下水道普及率に乖離がある。過疎地の課題がより難しい。

SDGs “No One Left Behind” “Transforming Our World”

→巨大都市での発想、進め方と異なる科学技術イノベーションも大切

1. 国際社会が懸念する水利用の持続可能性

(2) 持続可能な水の安全 (水の質)

水に溶け込んだ物質への曝露が健康、衛生に関連する

表. 汚染物質と汚染源の関係例

	汚染物質	自然影響	人為影響	QOL低下の例
微生物	バクテリア	自然界に分布	排泄物 (体内での増殖)	コレラ、赤痢、 A型肝炎、 下痢疾患
	ウイルス	自然界に分布	排泄物 (体内での増殖)	
重金属など	カドミウム	土壤中に分布	鉱山廃水の未処理	イタイイタイ病
	メチル水銀	微生物による水銀の メチル化により生成	反応副生成物：水銀触媒 のメチル化	水俣病
	鉛	土壤中に分布	紀元前から工業利用	鉛脳症
	ヒ素	土壤中に分布	地下水の利用など	発がん性
	フッ素	土壤中に分布	地下水の利用など	骨変形
	ベンゼン	原油中に存在	基礎化合物として利用	白血病
	陰イオン 界面活性剤	自然界に分布 (天然 石鹼)	合成洗剤として広く利用	関節痛

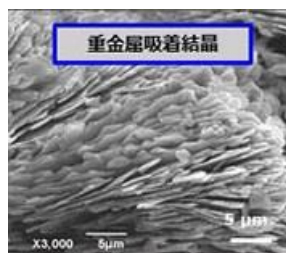
✓ 微生物：病原となる微生物への曝露

✓ 重金属など：・自然界に存在する汚染物質への慢性曝露
・人為の管理不全による急性曝露

1. 国際社会が懸念する水利用の持続可能性

(2) 持続可能な水の安全 (水の質)

✓簡単に重金属成分などを吸着する材料の研究開発が行われている。



様々な無機結晶を作る信州大学の技術
「フラックス法」



携帯型浄水ボトル
NaTiO
(ナティオ)

- ・ヒ素やフッ素などを吸着できる「三チタン酸ナトリウム」の結晶を効率的に成長させる。
- ・粉末型なのでティーパック型フィルターやボトルに充填可能。有害な重金属を簡単に除去。

【参考】JSTニュース2019年8月号「海水を安全な飲み水に 世界の水不足を解消へ」COIアクアイノベーション拠点
<https://www.jst.go.jp/pr/jst-news/backnumber/2019/201908/index.html> (2019年8月1日アクセス)

【参考】信州大学とトクラス (株) の共同開発、世界初の重金属除去材を搭載した携帯型浄水ボトルNaTiO(ナティオ)新発売
<https://www.shinshu-u.ac.jp/topics/2018/11/natio.html> (2018年11月アクセス)

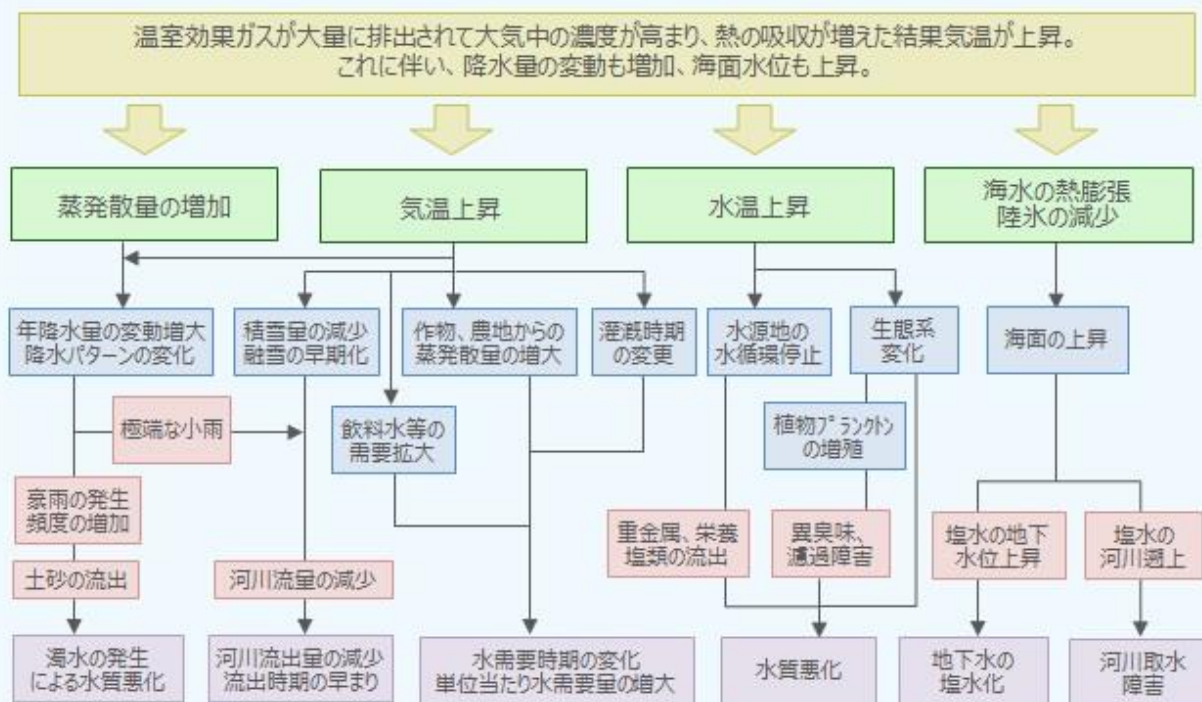
【参考】文部科学省 地域イノベーション・エコシステム形成プログラム革新的無機結晶材料の産業実装による信州型地域イノベーション・エコシステム
https://www.shinshu-u.ac.jp/project/ecosystem/TK001_gaiyou.html (2019年8月アクセス)

1. 国際社会が懸念する水利用の持続可能性

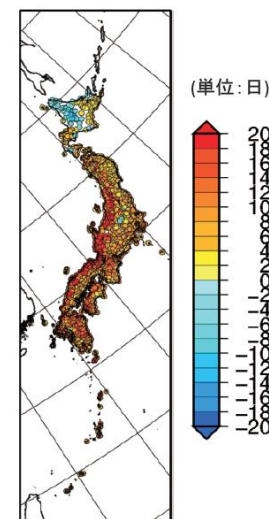
(2) 持続可能な水の安全 (水の質)

気候変動による水利用への悪影響にも対処

地球温暖化が水資源に与える影響



年間無降水日数の将来変化



年降雪量の将来変化

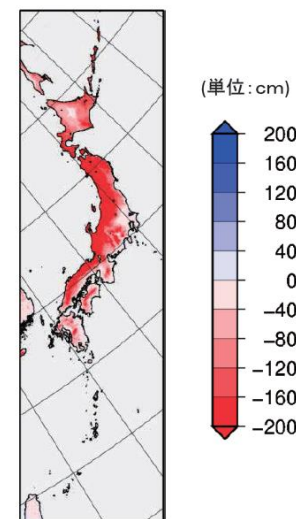


写真. 平成6年渇水時の水稻の立ち枯れ(左)と地割れ(右)

【出典】平成30年版水循環白書

【出典】国土交通省 http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/mizsei/mizukokudo_mizsei_tk2_000021.html

・気候変動の影響による悪影響

- ✓ 水温上昇にともなう、水中での病原微生物の増殖 (水質の悪化)
- ✓ 降水パターンの変化による、渇水期の長期化 (農業用水、生活用水の不足)

2. 国際社会が懸念する海洋プラスチックごみ問題

SDGs目標12

持続可能な生産消費形態を確保する

SDGs目標14

持続可能な開発のために海洋・海洋資源を保全し、持続可能な形で利用する

- (1) 従来から訴えられていた環境問題
- (2) 最近の国際動向
- (3) プラスチック（合成高分子材料）の恩恵
- (4) 持続可能な資源利用に向けて

2. 国際社会が懸念する海洋プラスチックごみ問題

(1) 従来から訴えられていた環境問題

海洋生態系への悪影響：野鳥や海洋生物の誤飲



“If you don't pick it up, they will”
「あなたが拾わなければ彼らが拾うでしょう」

2. 国際社会が懸念する海洋プラスチックごみ問題

(1) 従来から訴えられていた環境問題

景観の毀損、ごみ清掃の過重な負担



UN declares war on ocean plastic

国連は海洋プラスチックごみに宣戦布告（2017年）

2. 国際社会が懸念する海洋プラスチックごみ問題

(2) 最近の国際動向

国際的な問題として認識が広がり、対応策の議論が進みつつある。

G7シャルルボワサミット（2018年6月）

- 同憲章には、欧州の循環経済（サーキュラー・エコノミー）戦略が反映された。達成期限付きの数値目標の一例として、2030年までにプラスチック包装の55%をリサイクル又は再利用し、2040年までにあらゆるプラスチックを100%回収するといった内容がある。



G20大阪サミット（2019年6月）

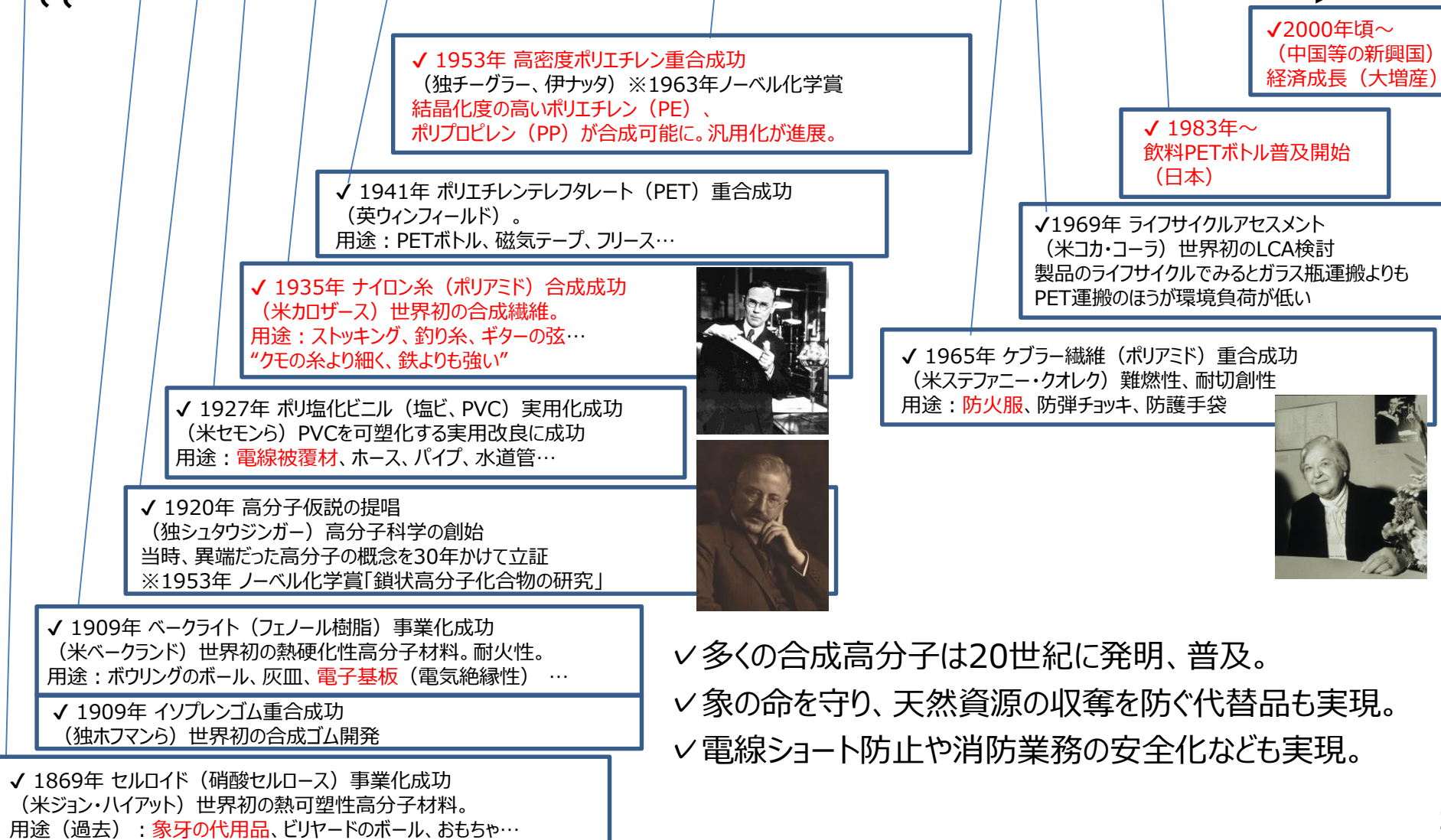
- 環境省・中央環境審議会の小委員会で「プラスチック資源循環戦略」討議。
- 大阪MARINEイニシアティブを打ち出し。各国も賛同の意を示す。
 - ①廃棄物管理（Management of Wastes）
 - ②海洋ごみの回収（Recovery）
 - ③イノベーション（Innovation）
 - ④能力強化（Empowerment）



2. 国際社会が懸念する海洋プラスチックごみ問題

(3) プラスチック (合成高分子材料) の恩恵

1900年 1920年 1940年 1960年 1980年 2000年



2. 国際社会が懸念する海洋プラスチックごみ問題

(3) プラスチック（合成高分子材料）の恩恵

マラリアを防ぐ長期残効型防虫蚊帳「オリセツ®ネット」（住友化学株式会社）



タンザニアの「オリセツ®ネット」工場。



「オリセツ®ネット」を実際に使ってみる子どもたち
（写真：住友化学株式会社）

【出典】内閣府 野口英世アフリカ賞 インタビューシリーズ 僕らはアフリカ主役型
<https://www.cao.go.jp/noguchisho/info/mrmizunointerview.html>（2019年8月アクセス）

【出典】ODA白書 2007年版 コラム2 マラリアを撲滅するために
https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/shiryo/hakusyo/07_hakusho/index_column.html
（2019年8月アクセス）

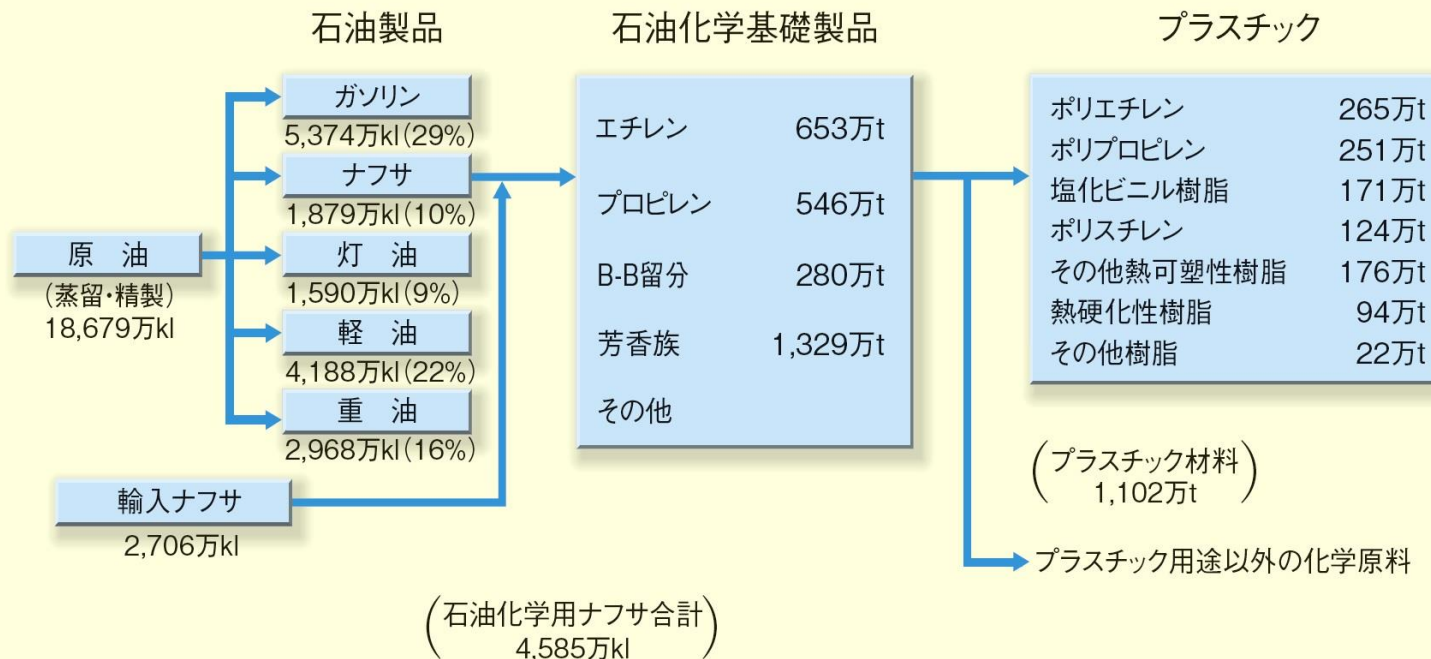
- ✓ 不斉合成によって防虫剤ペルメトリンを開発し、高密度ポリエチレンに練り込んだ蚊帳を開発。
- ✓ ポリエチレン繊維にペルメトリン製剤を練り込むことで、薬剤が内側から徐々に染み出す仕組み。
- ✓ ポリエチレン繊維は丈夫で破れにくい蚊帳を廉価に作ることができ、繰り返し洗濯しても、5年間マラリアの原因となる蚊を防ぐ効果が持続する。

【参考】JST-CRDS「野依センター長室から」（19）わが研究人生のつじつま合わせ
<https://www.jst.go.jp/crds/about/director-general-room/column19.html>（2019年8月アクセス）

2. 国際社会が懸念する海洋プラスチックごみ問題

(4) 持続可能な資源利用に向けて

原油使用量と製品別生産量 (2017年実績)



(6頁の樹脂生産量と本表のプラスチック材料量とは、それぞれ集計月に違いがある)

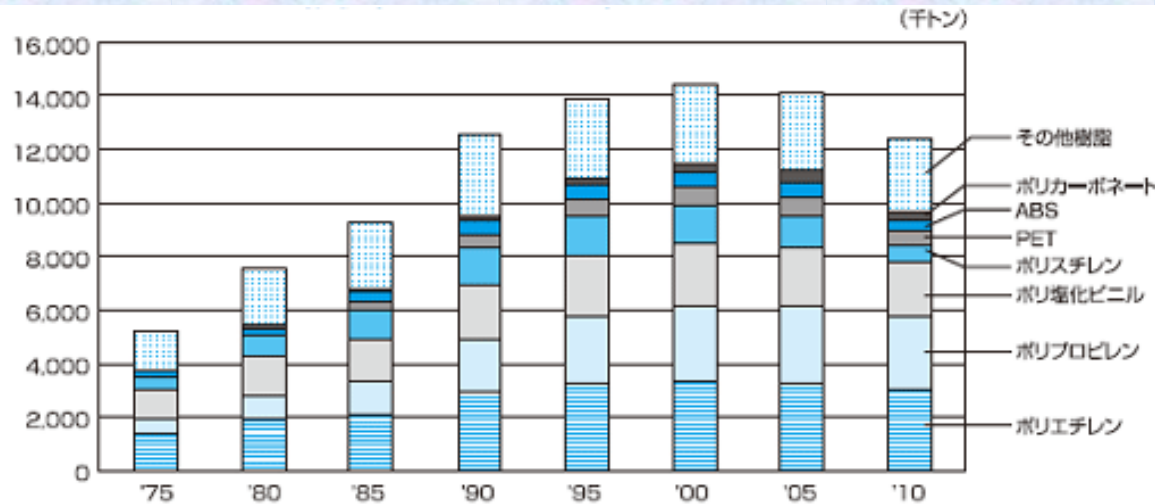
(データ：石油化学工業協会「石油化学工業の現状」2018年版を基に作成)

日本は約2億トンの原油・ナフサを輸入。

そのうち5%程度の約1千万トンプラスチックに加工。

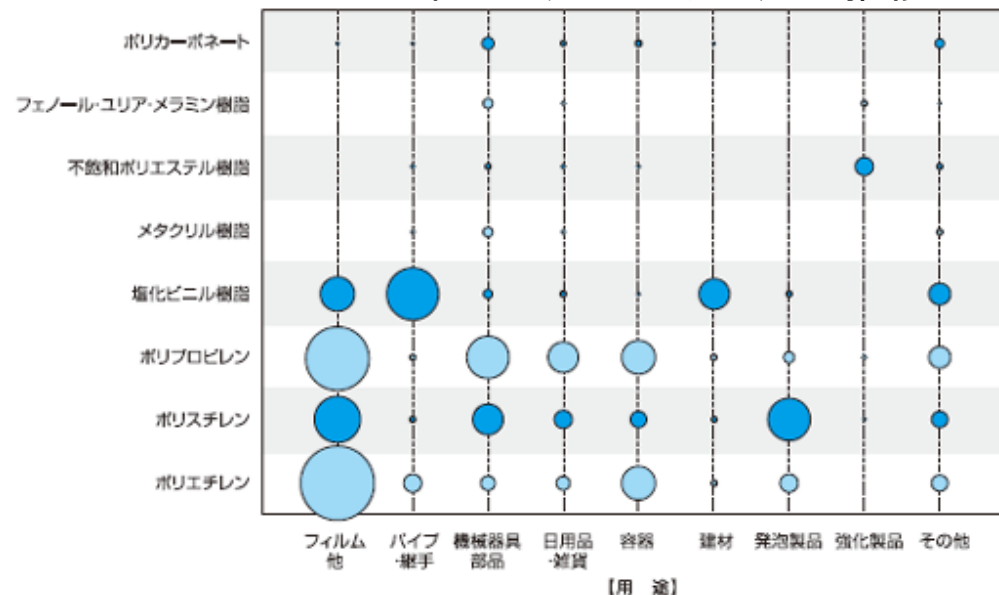
2. 国際社会が懸念する海洋プラスチックごみ問題

(4) 持続可能な資源利用に向けて



日本のプラスチック生産量は
ここ30年約1千万トンで推移。
5大汎用プラスチック
(PE,PP,PVC,PS,PET) が
7割程度を占める。

日本のプラスチック生産量推移



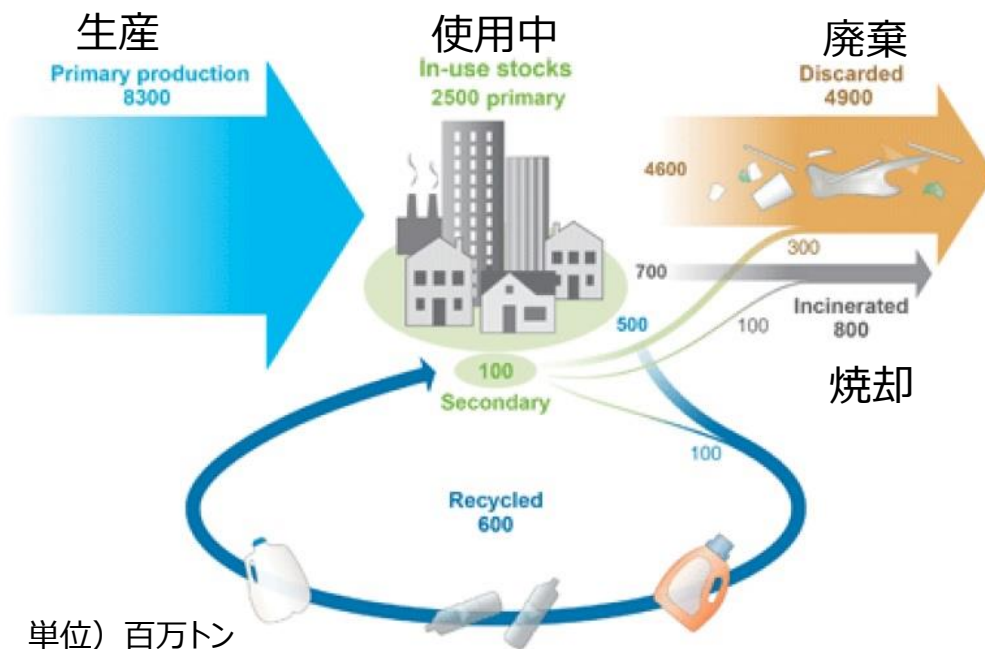
ポリオレフィン (PE,PP) はフィルムが最多。
PSはフィルムと発泡製品が同程度。
PVCはパイプの継手が多い。

【参考】日本プラスチック工業連盟「目で見えるプラスチック統計」

http://www.jpif.gr.jp/2hello/conts/toukei_c.htm#top (2018年12月アクセス)

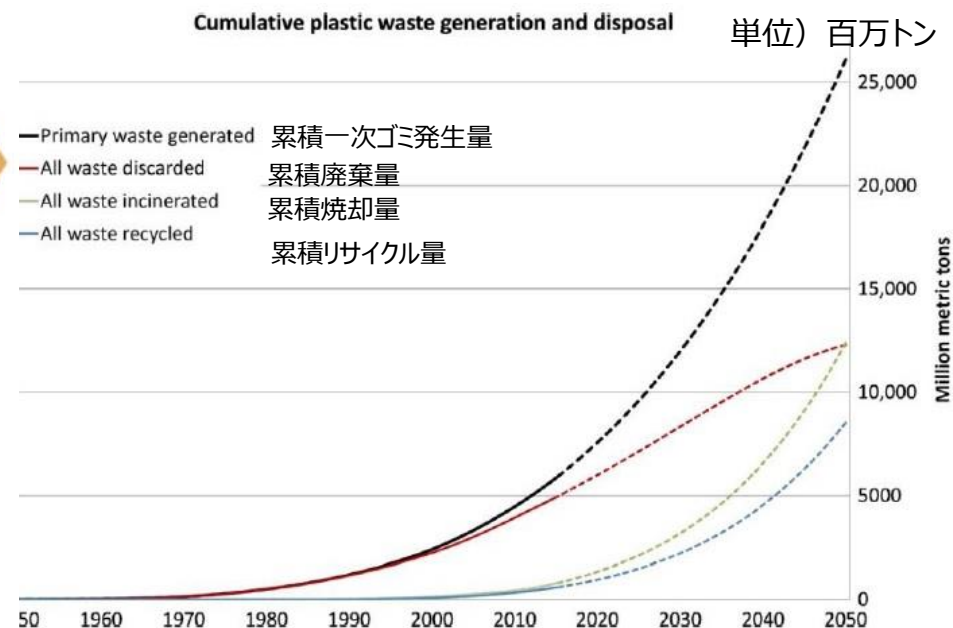
日本の材料別／用途別の消費量 (2010年)

世界のプラスチック生産量と廃棄量が急激に増大している



プラスチック累積生産量と廃棄量

(出典) Geyer, R. et al., "Production, use, and fate of all plastics ever made." *Science advances*, 3(7) (2017), e1700782.

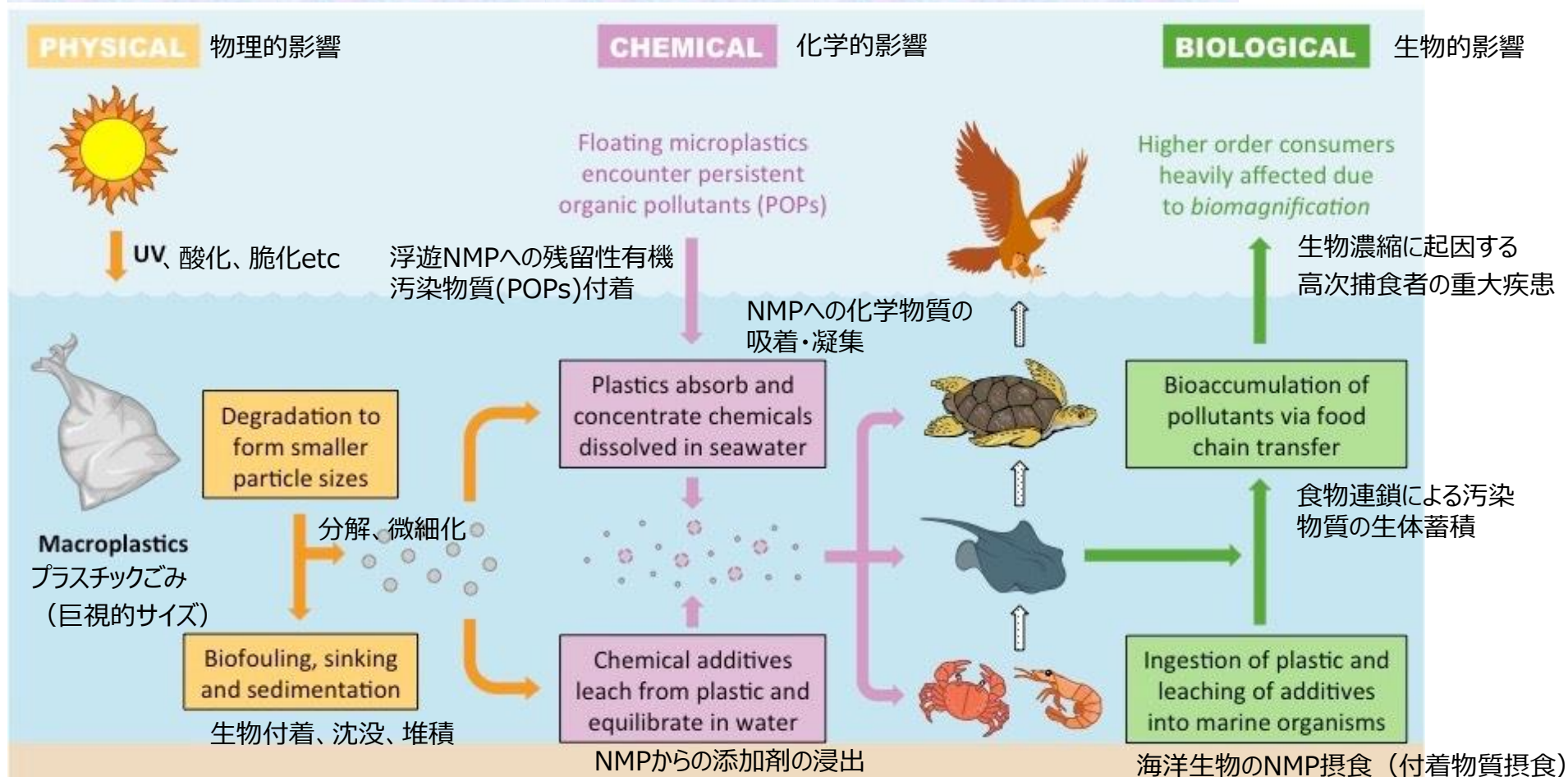


累積プラスチックごみ廃棄量の予測

- 1950年以降、83億tを超えるプラスチックが生産され、63億tがごみとして廃棄された。
- 回収されたプラスチックごみの79%が埋立、または海洋等へ流出した計算になる。
- リサイクルされているプラスチックは9%にとどまっている計算になる。
- 現状のペースだと2050年までに120億t以上のプラスチックが埋立、投棄される。

2. 国際社会が懸念する海洋プラスチックごみ問題

(4) 持続可能な資源利用に向けて

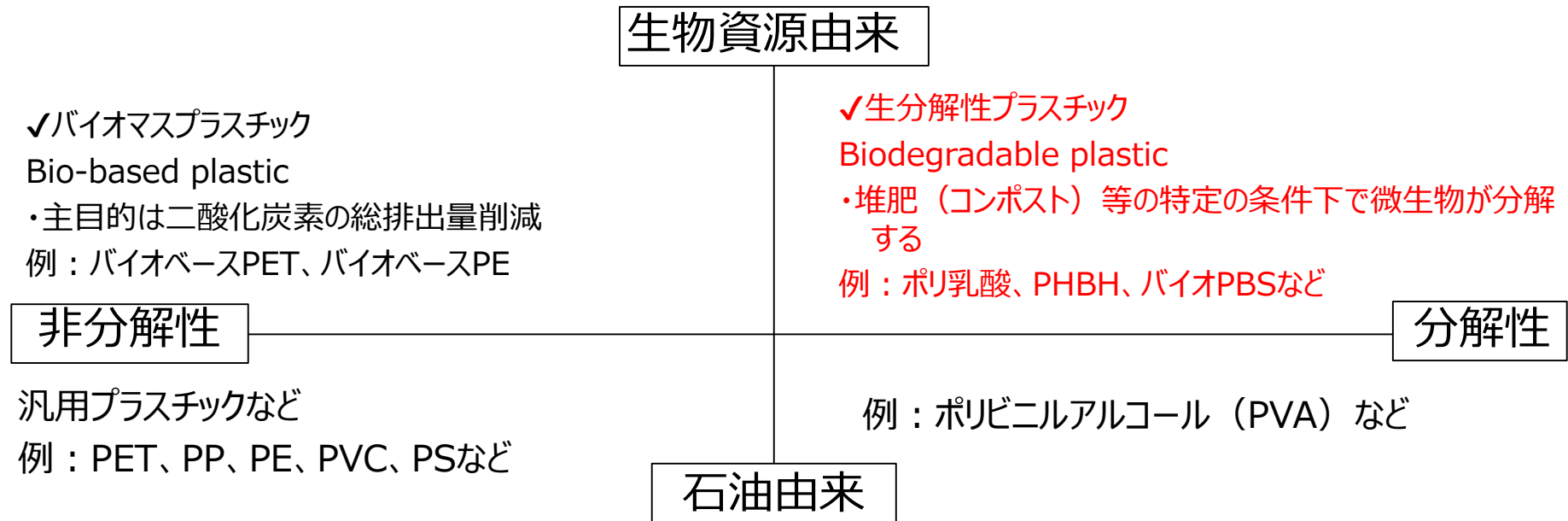


(図引用) Cornell, B. 2016. Referencing. [ONLINE] Available at: <http://ib.bioninja.com.au/options/untitled/b3-environmental-protection/plastic-pollution.html> (2019年3月アクセス)

【課題】不法投棄等により行方不明になったプラスチックは環境中で微細化していく。環境中でナノ、マイクロメートルのプラスチック (NMP) がどんどん増加していくと懸念されている。
⇒NMPがどのような環境動態 (dynamics) を経るのか、環境影響や生態系影響、ヒト健康影響に対してどの程度の影響を与えるのか、科学的体系をまだ十分に構築できていない。

2. 国際社会が懸念する海洋プラスチックごみ問題

(4) 持続可能な資源利用に向けて



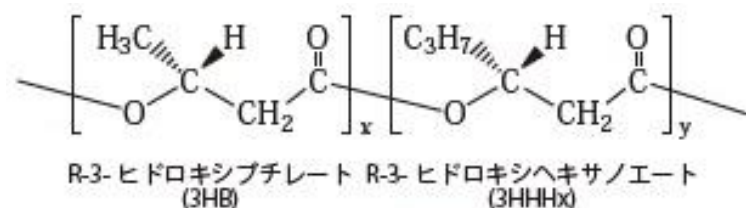
生分解性プラスチックのなかでも、「海洋で一定期間で完全に分解する」性能をもつ材料の開発は難度がきわめて高い。使用中の材料強度などの性能や、加工性、価格なども同時に求められる。

- × ポイ捨て。
- × 先入観や印象で判断すると、間違ふことがある。
- 用途に応じて、使い分けを考える必要がある。
- 社会や経済の発展段階に応じて、しっかりと最適解を見定める。

2. 国際社会が懸念する海洋プラスチックごみ問題

(4) 持続可能な資源利用に向けて

- ✓ 土肥義治東工大名誉教授らと(株)カネカの共同研究で、PHBH（3-ヒドロキシブチレート-co-3-ヒドロキシヘキサノエート重合体）が実用化。現在、欧州承認機関が海洋での分解性を認める唯一の材料。JST等の長年の公的支援が結実した事例。



PHBHの化学構造式

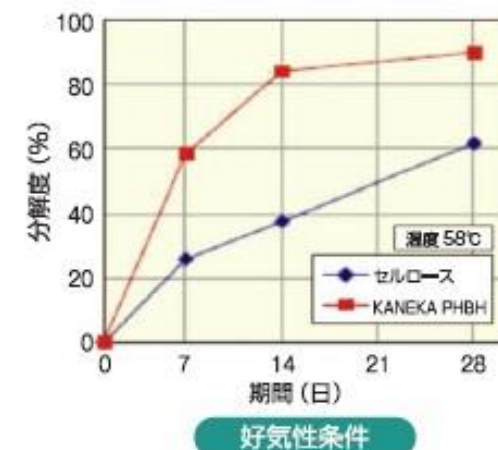
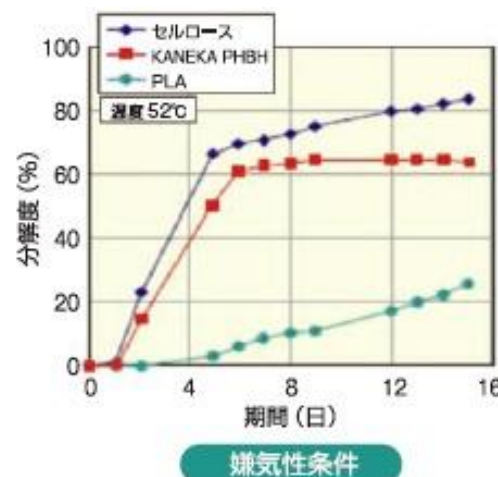


PHBHで作られた農業用マルチフィルム。

※万が一、大雨等で流出しても安心

【参考】JSTニュース2014年10月号「生分解プラの大量生産「微生物工場」で成功」

https://www.jst.go.jp/pr/jst-news/backnumber/2014/201410/pdf/2014_10_p08.pdf (2019年8月1日アクセス)



PHBHの生分解性評価

PHBHは嫌気的条件下、好気的条件下いずれにおいても優れた生分解性を持つ。



道徳のない経済は犯罪であり、
経済のない道徳は寝言である。

科学的な真実の解明⇒道徳（社会）に貢献
環境と調和した技術⇒経済に貢献

二宮尊徳（二宮金治郎）CSV領域は両者を追及！



Science and Technology should be about pursuing the truth and helping people

科学技術は真実の解明や人を助けるものと期待。

Myopia thinking
近視眼的な思考
短絡的な考え方



Conscience thinking
道義心的な思考
持続可能な考え方

科学技術は決して万能ではないが、SDGsに貢献する大きな要素であることは間違いない。

ご清聴ありがとうございました

SDGsキャッチフレーズ

“No One Left Behind”

だれ一人取り残さない

“Transforming Our World”

私たちの世界を変革しよう