

雨水を管理して利用するために

－ 過去、現在、未来 －

五十嵐 敏郎（発表者）、滋賀県立大学 近江楽座 廃棄物バスターズ

1. 雨水基準制度研究会に個人会員として参加（過去）
2. リサイクルPEを使った移動型雨水タンクの試作（現在）
3. 小さな雨庭の作庭（未来）

1. 雨水基準制度研究会に個人会員として参加（過去）

- 2020年2月に法政大学で開催された「ドイツ雨水規格から日本の雨水の基準と制度を考える」というシンポジウムに参加し、その後このシンポジウムを契機に作られた雨水基準制度研究会に個人会員として参加して「雨水を管理して利用する」問題に取り組んだ
- 雨水基準制度研究会は、一般市民向けに8ページから成るパンフレットと、全83ページの雨水活用の手引き書を作成して、その役割を終えた
- その後、雨水タンクの普及活動を続け、今年から新たに雨庭の普及活動も始める予定である

今 雨に何が起きているか

課題山積 気候変動

ゲリラ豪雨
渇水
ヒートアイランド
...

流出抑制
地下水保全
緑化
生物多様性
...



家で雨を蓄え、庭で雨を留め、まちで雨を制御する



雨水タンクは、「治水蓄雨」、「利水蓄雨」
および「防災蓄雨」に寄与する

雨庭は、「治水蓄雨」、「環境蓄雨」
および「防災蓄雨」に寄与する

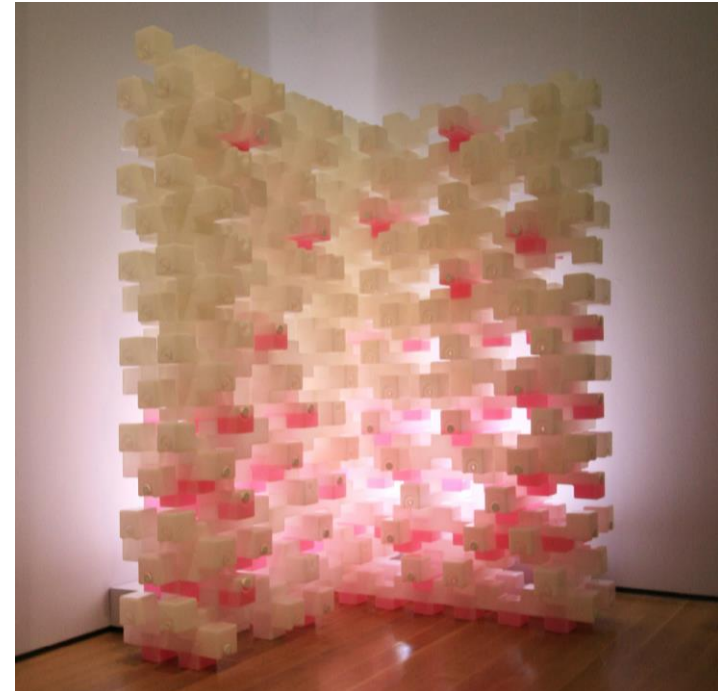
建築学会が推奨する100mmの「蓄雨」を
地域で実現するためには、地域で
小さな雨水タンクをたくさん設置し、
小さな雨庭をたくさん作庭することが必要

2. リサイクルPEを使った移動型雨水タンクの試作（現在）

2-1 廃棄物バスターズの活動の歴史

- ・ 2005年に、高分子の構造と物性の研究室の院生を中心に結成された学生団体
- ・ これまで、リサイクルPP/リサイクルPE/相溶化剤を使い射出成形でプランターを作るなど、プラスチック成形で実績を積み上げてきた
- ・ 滋賀県立大学が琵琶湖湖畔の彦根市にあることから、水資源の活用に資する製品開発を行いたいと考え、新たなテーマとして2024年に雨水タンクの開発に取り組むことを決定した
- ・ 単なるモデルの制作ではなく、実際に活用することを考えて内容量を100リットルにした上で成形法を検討し、日本ではあまり馴染みがないが、海外では大小様々なサイズの雨水タンクが製造されている「回転成形」を選択した
- ・ リサイクルプラスチックの入手先として、滋賀県で手広く廃棄物関係の事業を行っている近江物産を選び、交渉を行って協力を得ることに成功

- ・ 難題は成形を引き受けてくれる回転成形メーカーの選定だったが、以前に10リットル容量のモデル型雨水タンクの試作に応じてくれた埼玉県・川越市にあるユニオンペック社と交渉し、今回も金型製造と雨水タンクの試作に応じてくれることに成功した
- ・ ユニオンペック社は回転成形機が1台だけの小さな企業だが、金型設計や成形技術面で技術力が高く、スパイダー上に形状の異なる複数台の金型を載せて同時に成形することを業としており、製造を中断することなく試作を行うことが可能である
- ・ オーナー経営者は、隈研吾に協力してMoMAで展示する“Water Block House”を試作するなど社会貢献意識の高い人で、100リットル容量の水タンクの試作を依頼するのに適任であった



MoMAで展示された“Water Block House”

2-2 容量100リットルの移動型雨水タンクの試作で得られた教訓

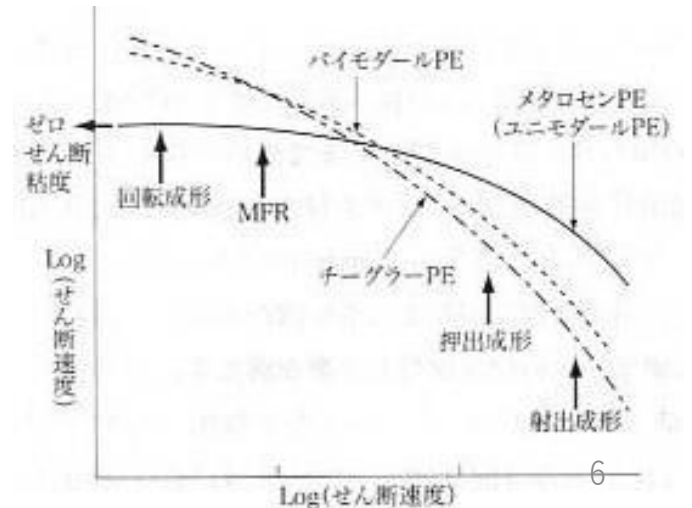
- ・ リサイクルPE単独では成形品表面に穴が開いたが、回転成形用のVirginPEを40%ブレンド使用することで表面も良好で物性も担保される成形品が得られ試作に成功
- ・ リサイクルPE単独でNGの原因は、射出成形用のグレードのために、ゼロせん断粘度が高すぎて成形時のせん断速度が射出成形に比べて3桁以上低い回転成形では溶融不足になることが判明 ⇒ 【教訓 1】成形法に適した溶融粘度挙動が必要
- ・ 回転成形用のVirginPEを40%ブレンド使用することでOKになった原因は、ゼロせん断粘度の低いVirginPEが最初に金型内面(成形品の外面)に溶融して層を形成したことが判明 ⇒ 【教訓 2】溶融粘度差を上手に利用すると疑似2層成形が可能



リサイクルPE単独



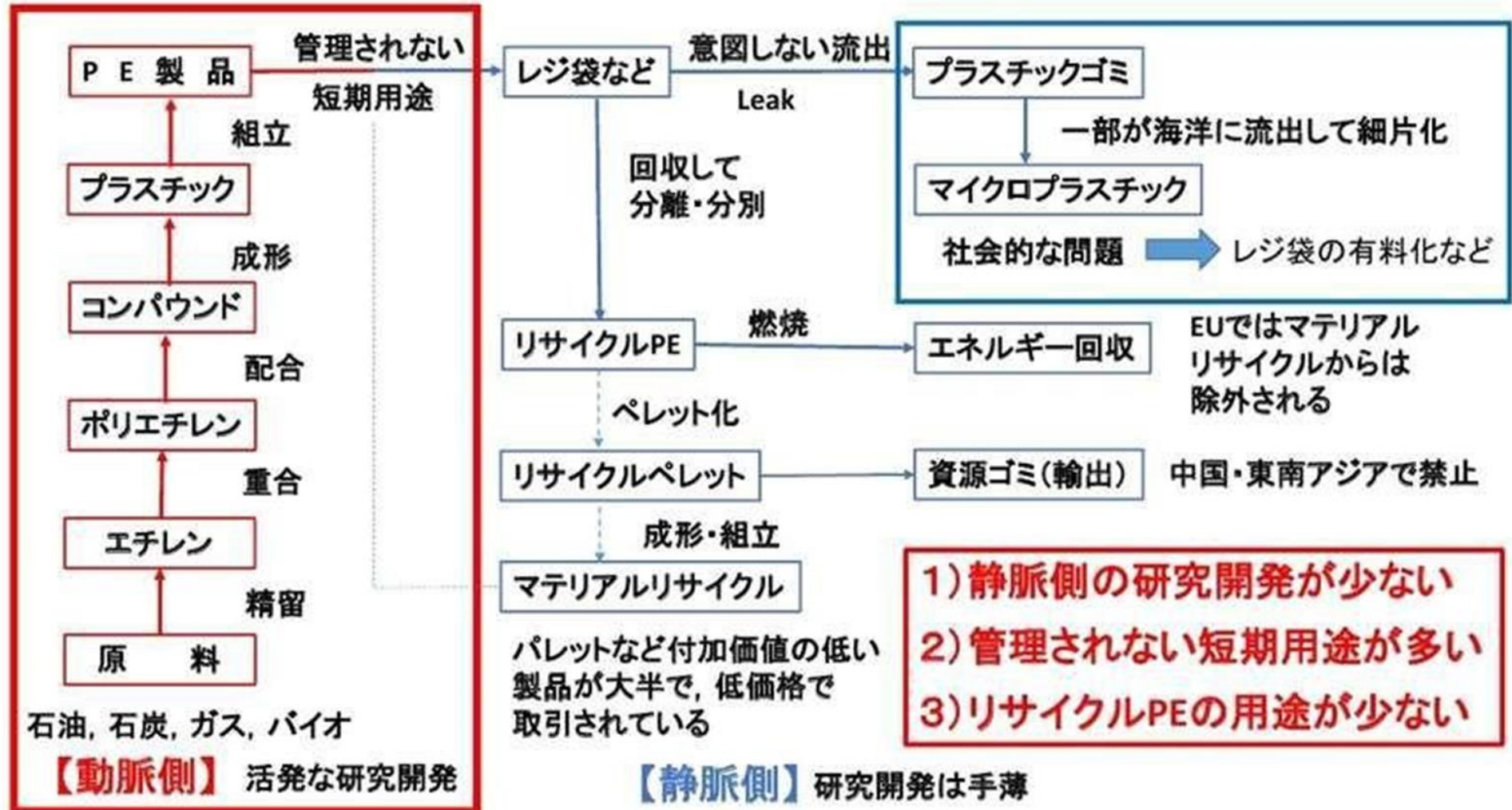
リサイクルPE/VirginPE = 60%/40%



2-3 移動型雨水タンクの試作で得た成果

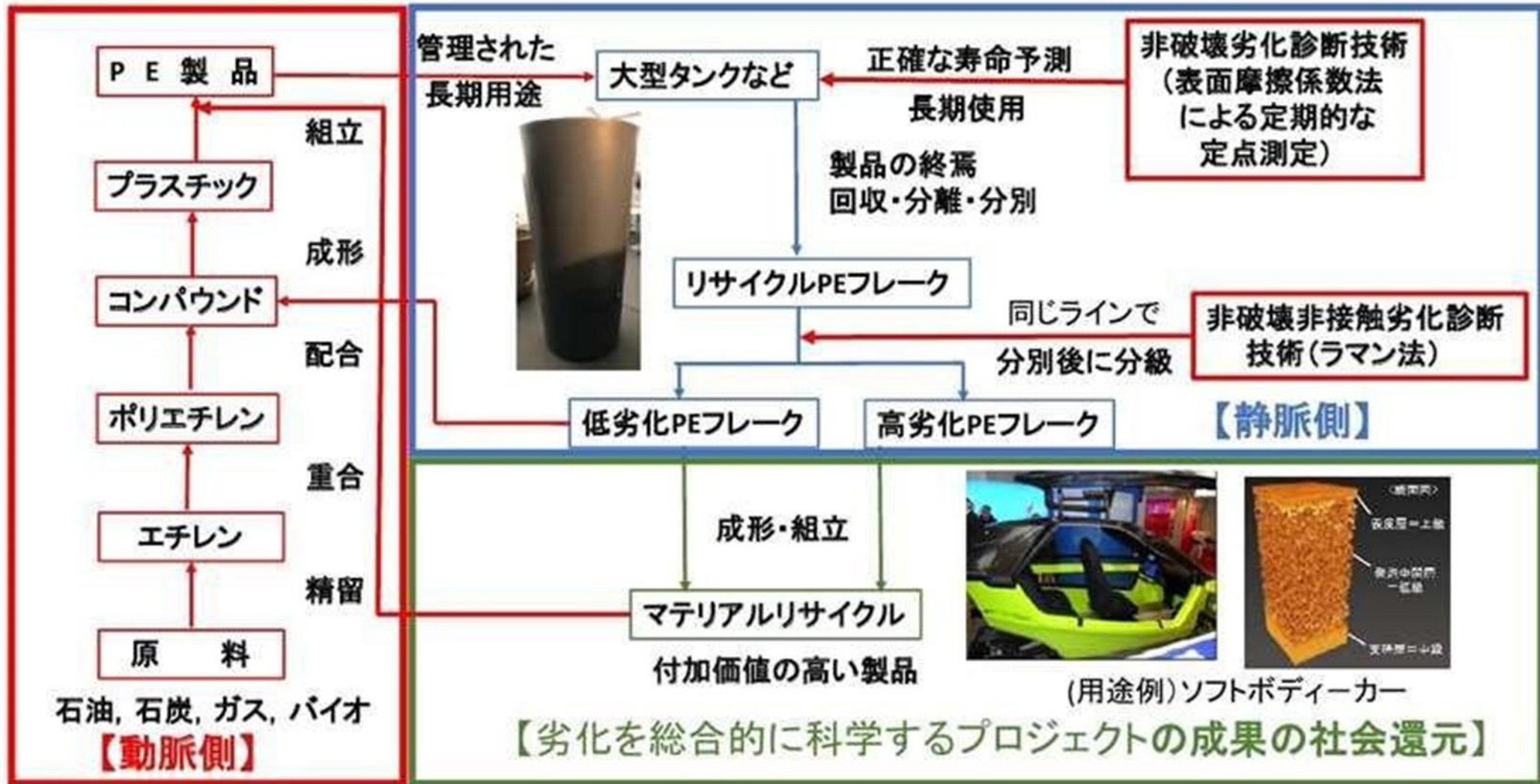
① リサイクルポリエチレンの付加価値の高い用途開発を可能にした

ポリエチレンの資源循環図(現状) **資源循環にはなっていない**



理想とするPEの資源循環図

(管理可能な大型製品の開発とリサイクルPEの高付加価値製品の開発)



② 日本が遅れている、大型中空製品の成形法である回転成形の新しい製品例を示し、回転成形の普及に貢献すると共に、ポリエチレン業界の構造改革に示唆を与えた

③ 大規模災害発生時に設置される避難所での生活用水の確保に可能性を示した

超広域の巨大地震災害では避難所の環境改善と地域が自力で復旧・復興することが必要(多くの被災地に外部からの援助が届くには長時間かかる)

	阪神・淡路地震	東日本地震	関東直下地震	南海トラフ地震
発生年月	1995年1月	2011年3月	[2020年代?]	[2030年代?]
死者・行方不明者数	6,437	19,130	(23,000)	(323,000)
死因	圧死80%以上	水死90%以上	圧死・焼死?	圧死・水死・焼死
負傷者	43,792	6,023	?	(620,000)
経済損失(直接被害)	9.6兆円	16.9兆円	67兆円	82~170兆円*
ピーク時の避難者	約32万人	約45万人	(460万人)	[>1000万人]**

環境基準 雨水活用建築ガイドラインでは、1人当たり1日に必要な生活用水は50リットルとされている。半分以下に節約しても20リットルは必要で、毎日給水ポイントまで取りに行く必要があり、避難者には過酷な作業を強いる。グランド整備用ローラーのように容器を転がして水を運搬できれば、負荷を大幅に軽減できる。アフリカではこの目的にHippo Water Rollerが開発され使用されている。



従来の水の運搬

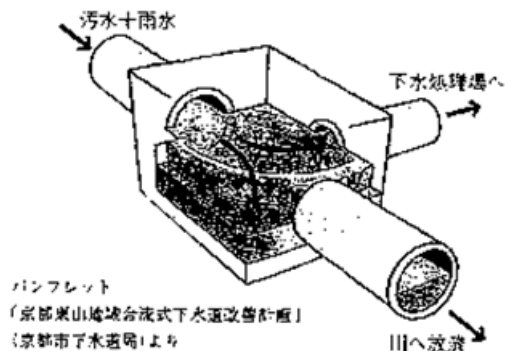


Hippo Water Rollerによる水の運搬

④ 頻発する豪雨対策で必要となる雨水の管理と活用の可能性を示した

都市化によって、屋根や舗装面に降った雨は直接下水管に流れ込むため、50mm/時の処理能力を超えて都市型洪水である「内水氾濫」が頻発している。東京・大阪・京都などの大都市は古くから下水道が整備されていたため、大半が下水と雨水を同じ下水管で流す合流式のため、内水氾濫が起こると長期間に渡り臭気と金属類の腐食に悩まされる。内水氾濫を防ぐには、建築学会が推奨する100mmの「蓄雨」を地域で実現する必要がある。このためには、屋根に降る雨水を貯留する「雨水タンク」を地域でたくさん設置し、舗装面に降る雨水を地下に浸透させる「雨庭」を地域でたくさん設置して、少しでも降雨が直接下水管に流れ込むのを防ぐ必要がある。

豪雨時には、雨水吐で未処理の下水を川に流したり、下水処理場で簡易処理しただけの下水を川に放流しているが、局所的な豪雨では対応できず内水氾濫が頻発している。



雨水吐(うすいばき)の略図

図表8 晴天時と雨天時のBOD負荷量試算(吉祥院下水処)

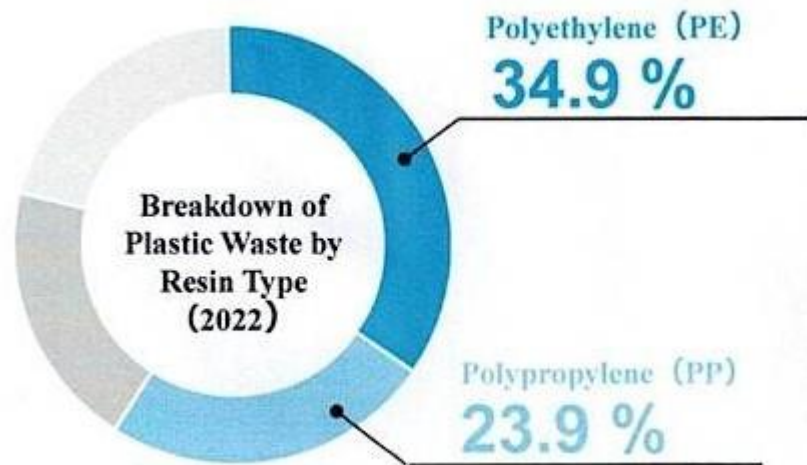
区分	放流量 (ml/年)	比率 (%)	BOD濃度 (mg/L)	BOD負荷量 (t/年)	比率 (%)
通常処理	21,507,660	90.3	4.3	92.5	47.1
簡易処理	2,308,020	9.7	45	103.9	52.9
計・平均	23,815,680	100	8.2	196.4	100

資料:「公共下水道統計年報」。放流量は2007年度で、通常処理は高級処理放流量。BOD濃度は最近3年の平均で、通常処理は年平均値、簡易処理は年1降雨について測定される雨水吐放流を含む雨天時放流水平均値。計・平均、BOD負荷量、比率は計算。

2-4 これからの展開

1) 「廃棄物バスターズ」が実施中および計画中の展開

- 屋外での使用を想定し、農家が処理に困っている米のもみ殻の焼却灰に含まれるシリカを雨水タンクの外面に偏在するVirginPEに添加して耐光性を向上する。
- PEと共に主流を占めるリサイクルPPを用いた雨水タンクの試作する。
- 大学キャンパス内や一般家庭などへのモニタリング設置を行い、雨水タンクの評価試験を行うとともに、回転成形の普及を通じて、プラスチックリサイクルシステムの確立を目指す。



廃棄プラスチックの樹脂別比率

2) 私が希望する今後の長期的な展開の提案 — ただし、決めるのは学生たち

- 水の運搬手段の開発を通して、今後の新しい産業分野を開拓すること。
具体的には、地上で水を運搬する補助型(牛型)ロボットの開発や、空中で水を運搬する鳥形(地上では太陽光パネルを折りたたみ、空中で飛ぶ時には鳥が羽を広げたように太陽光パネルを広げる)ドローンの開発。鳥形ドローンは山火事発生時の初期消火にも役立つので、日本全国の避難所に設置することが望まれる。



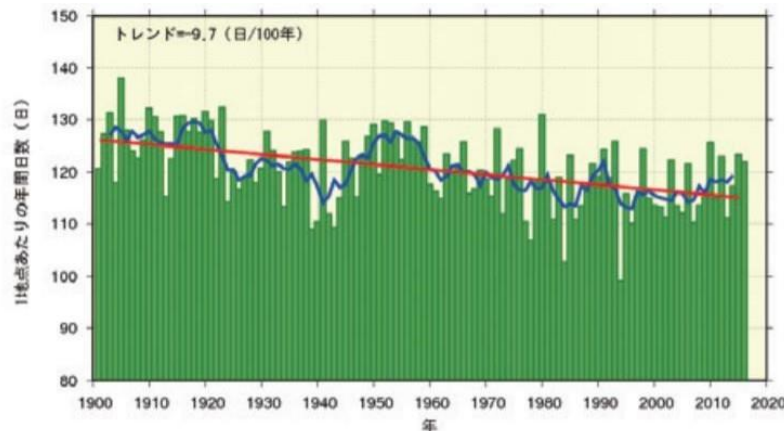
中国の山地でごみを運搬する犬型ロボット

- リサイクルPEでは、射出成形用よりもゼロせん断粘度が高い押出成形用の方が多い。押出成形用のリサイクルPEや市場から回収したリサイクルPEにブレンドする回転成形用のVirginPEは、現行のグレードよりもさらにゼロせん断粘度を下げたPEが適している。この目的のための新しいグレードの樹脂設計を行う。

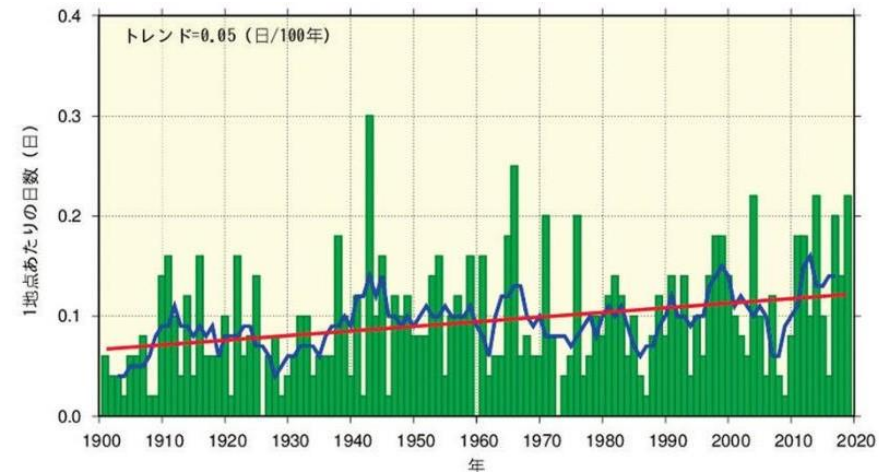
3. 小さな雨庭の作庭（未来）

1) 雨と私たち

- ・ 水の惑星と言われる地球だが、水の97.5%は海水であり、氷河や地下水などアクセスが困難な水を除くと、利用可能な水は0.05%に過ぎない
- ・ 利用可能な水の循環を支えているのが降雨で、雨が降り注ぐことで地球上の水の量は一定に保たれている
- ・ 近年、雨の降り方が変わってきている。日本では年間の降水日数が減少する一方、短時間に集中して強い雨が降るゲリラ豪雨が増えている
- ・ そのため、雨水をコントロールして有効に利用することや、地下への浸透を促進することが重要になってきている



日降水量が1mm以上の年間日数の推移



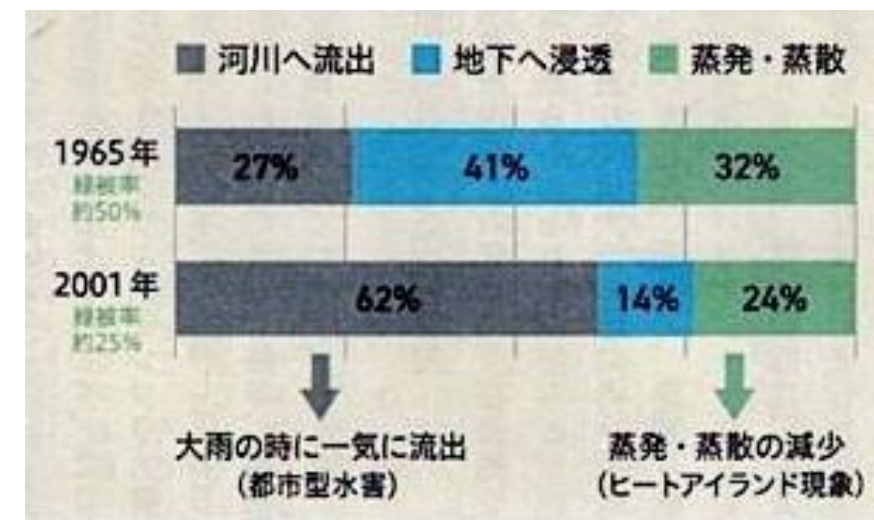
日降水量が200mm以上の年間日数の推移

2) 雨庭の歴史

- ・ 雨庭は1990年に米国・メリーランド州で治水対策として生み出され、世界に広まったとされている
- ・ しかし日本では、平安期に枯山水という雨庭の機能を持った作庭が行われていた
- ・ 例えば、相国寺の裏方丈にある枯山水は、方丈の大屋根に降る雨水を下流（御所）に流さない役割を持ち、時間あたり400mmの降雨も受け止めていた

3) 雨庭の8つのメリット

- ① 降った雨を地面に浸透させることで、雨水が一気に中小河川に流れ込んで発生する都市型水害や下水管から汚水が混じった雨水が吹き上がる内水氾濫を減らす
- ② 地下水を涵養し、湧水を保全する
- ③ 雨庭から蒸発する水によって都市部のヒートアイランド現象を緩和させる。京都市は昨年、60-60（最高気温が35℃以上の日が60日以上、最低気温が25℃以上の日が60日以上）を記録し、人が住む環境ではなくなっている



(名古屋市「水の復活2050戦略」から一部抜粋)

降雨の地下への浸透量が大幅に減少

- ④ 雨水に含まれる汚染物質が土中を浸透する過程で分解、吸着されることによって地下水の水質が浄化される
- ⑤ 緑のある景観を提供し、都市の中の小さなオアシスとなる
- ⑥ 都市化によって減少した湿地帯の生物などの生息地となり失われつつある生物多様性を保全する
- ⑦ 子どもたちが虫や植物などに触れあえる自然体験を街中の身近な場所で提供できる
- ⑧ 隣人や仲間たちと一緒に作庭したり保全活動を行うことでコミュニケーションの場となり交流促進につながる

汚染物質	中央値
全浮遊物質	59
全リン	5
可溶性リン	-9
全窒素	46
窒素酸化物	43
銅	81
亜鉛	79

雨庭の汚染物質除去効率 %
(流域保護センター (アメリカ)2007)

雨庭の汚染物質
除去効率 (%)

4) 毘沙門町での小さな雨庭づくり

- ・ 毘沙門町に植わっている榎木の巨木の伐採を防止する目的で、「毘沙門町の榎木を守る会」を2025年10月に立ち上げた。伐採防止は成功しつつあるが、次の目標として榎木の植わっている20m²程度の小さな土地を小さな雨庭にする計画を進めている
- ・ LOSS (Single Large Or Several Small) 命題が示すように、一つ一つは小さくても生き物のネットワークの飛び石機能を果たすことから生物多様性の保全には有効である
- ・ 住宅の庭、広場、道路植栽、路傍樹等を利用し、雨水タンクを備えた多くの小さな雨庭を作庭し、京都市を緑に満ちた都市に変えるという目標に向けた小さな第一歩となる

**ご清聴、ありがとうございました。
是非、活発なご議論をお願いします。**

**リサイクルプラスチックを用いた移動型雨水タンクの普及を目指す、
「廃棄物バスターズ」の活動に対し、暖かい目で見守ると共に、
積極的なご支援をお願いします。**

**また、「毘沙門町の榎木を守る会」が今後進める小さな雨庭づくりについても
ご支援をお願いします。**