

海岸における マイクロプラスチック存在量の 代表値とばらつき

長崎大学:朝倉 宏



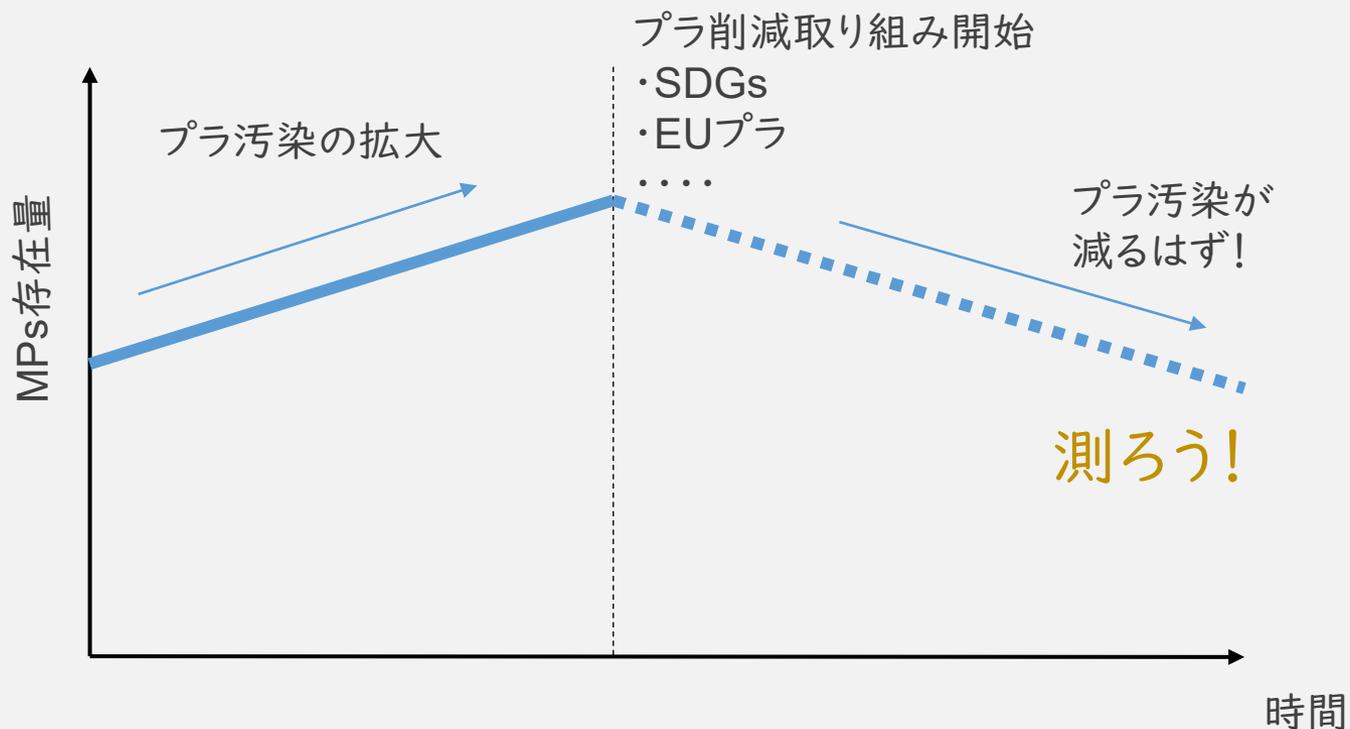
私たちが説明します

環境中MPs存在量の推移（予想）

削減取組後にMPsは減少するはず



減少していくことを確かめたい！





対馬市:小茂田浜海水浴場
•2022/10/5

平戸市:荒崎海水浴場
•(2021/9/15)
•2022/9/14

五島市:白良ヶ浜海水浴場
•(2021/12/8)
•2022/12/7

長崎市:白浜海水浴場
•2021/7/1~2022/12/12, 18回

Q5. 海岸にMPsがたくさんくるの？



A5. それに答えられるところまでいって
おらん。やり始めたところじゃ。

正確に言うと：

MPs蓄積速度を求めてみたが、まだデータが足りず、結果もガタガタ

うわ〜ハカセの家,ごみだらけじゃない!
ごみの研究をしても,ごみをいっぱい出すんだね!



3...か月?

何を言っておるんじゃ!
これ3か月分じゃぞ!
おぬしのごみは何日分じゃ?



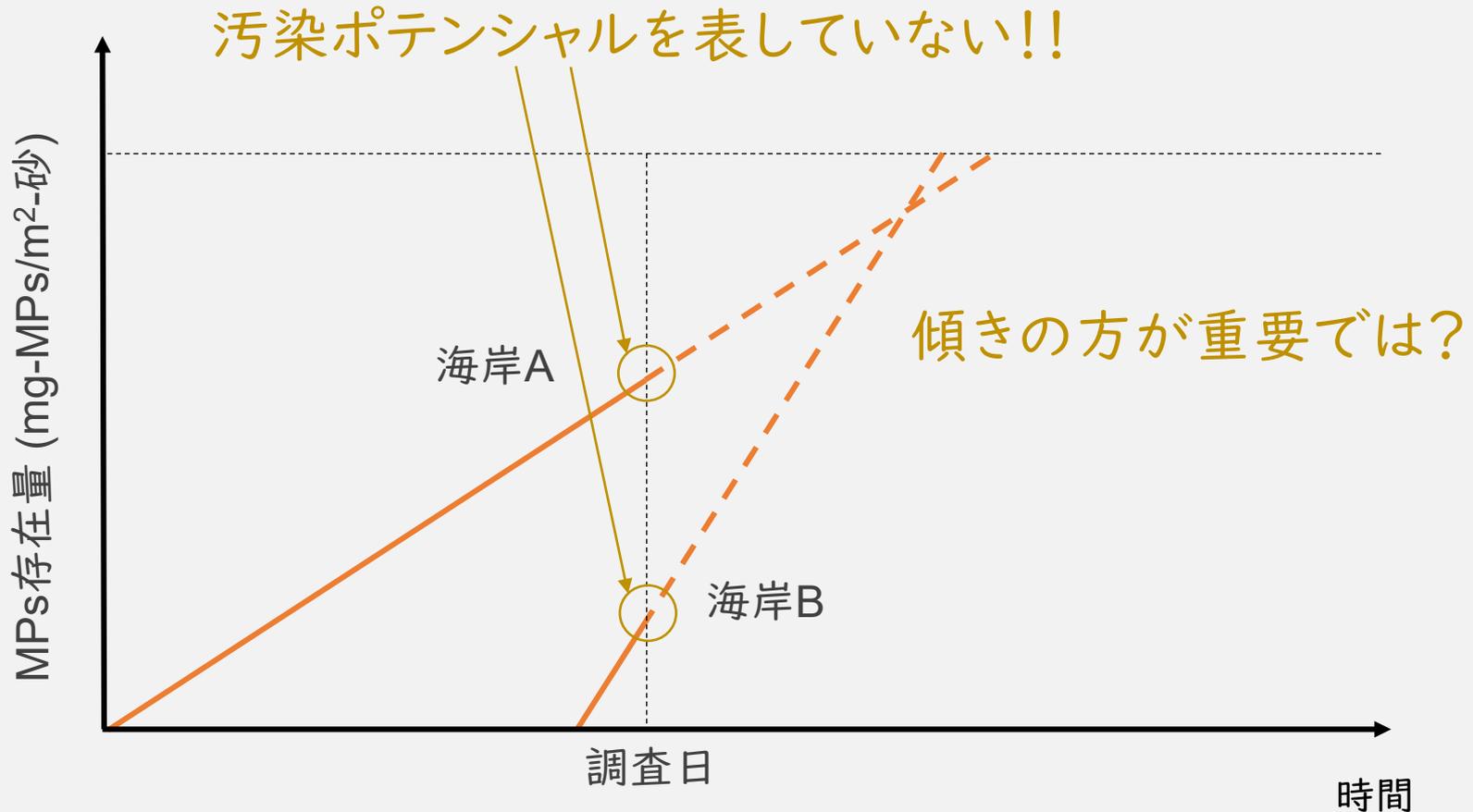
3日だけど...



目の前のごみ量は,必ずしも真のごみ量を表していない!!!

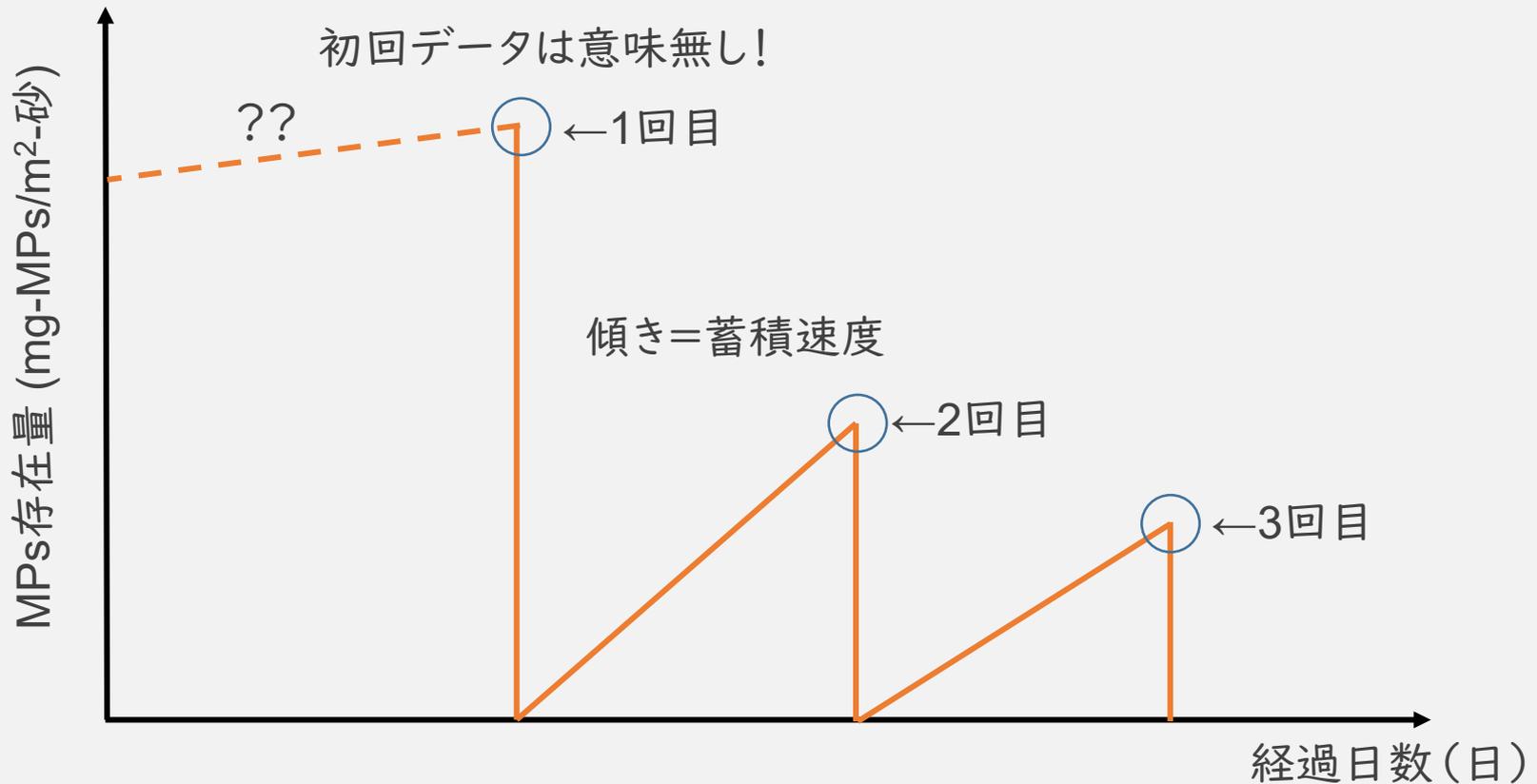


- 海岸のMPs調査でも、1回だけの測定値の報告では問題があるぞ
- 例えば海岸Aの方がBよりも汚染されているように見える
- しかし、長期間経過した後では、海岸Bの方が汚染される
- 存在量でなく、蓄積速度こそが汚染ポテンシャルを表している



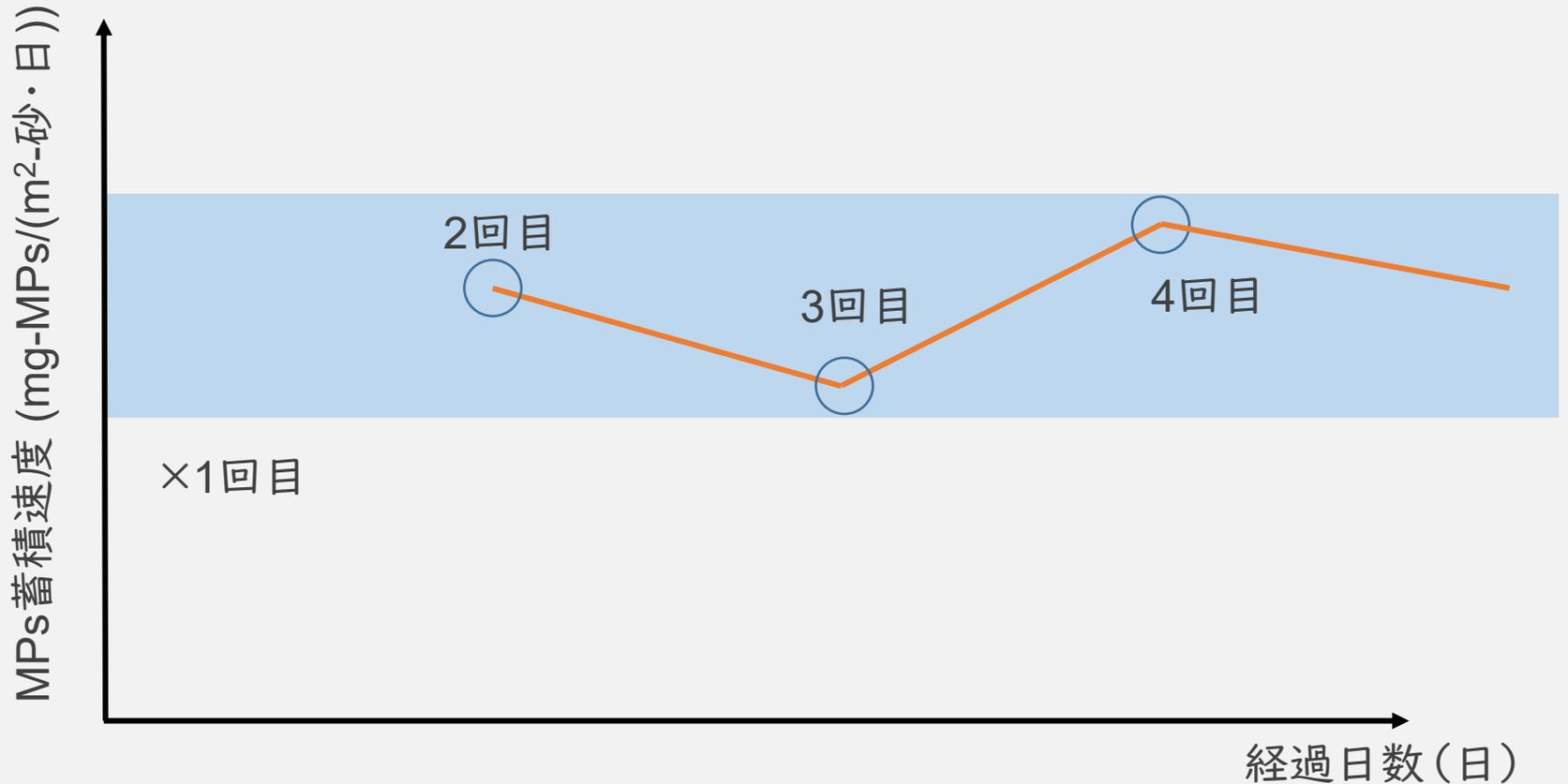


- MPs調査は、運のいいことにMPsを消滅させるのじゃ
- ゆえに、次回の測定値／調査期間は、蓄積速度を表すぞ





- 蓄積速度を何度も求めて平均や範囲をとり,これを報告したり,複数の海岸で比べるべきだと思うのじゃ
- すなわち,「どのくらいのMPsがあるのか」よりも,「どのくらいのMPsがくるのか」の方が高級な質問じゃ



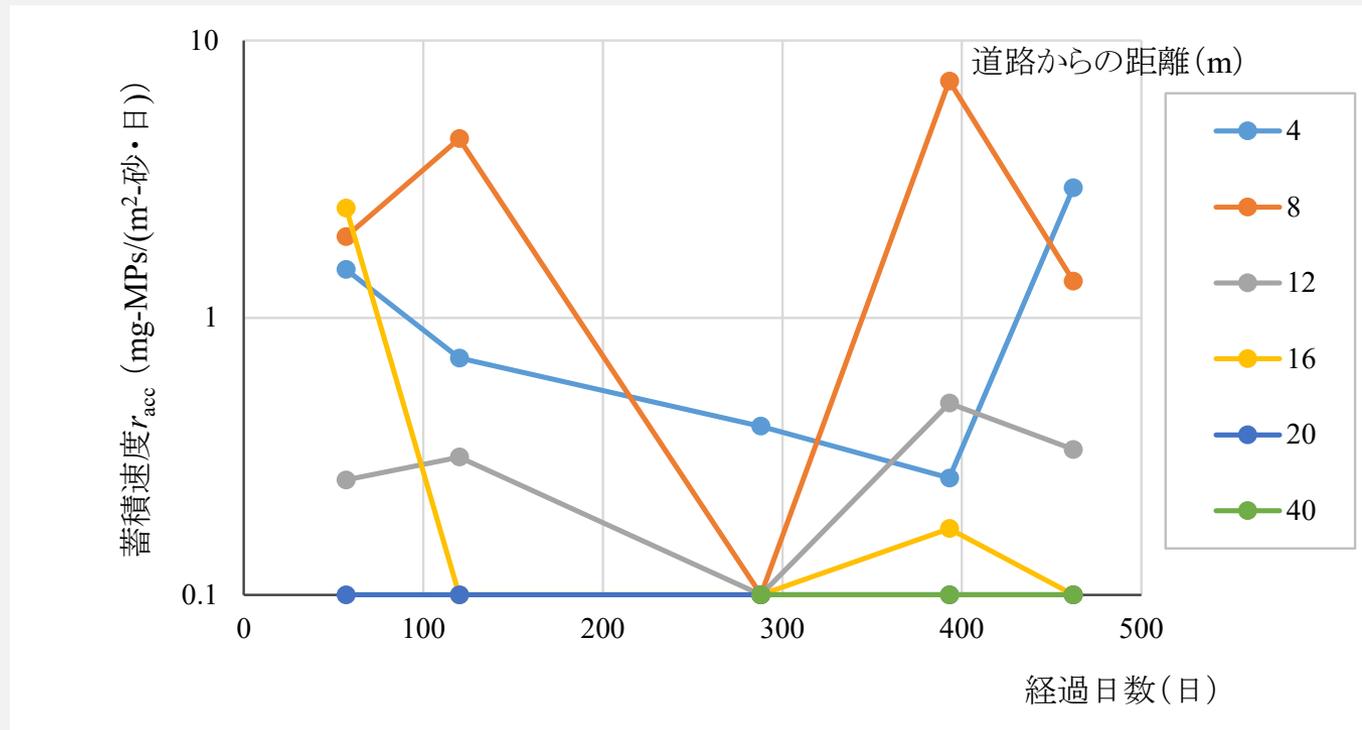


長崎市白浜海水浴場で、いつも同じ6地点において定期観測したぞ





- 海水浴場は調査しやすい反面、ボランティアが頻繁に海浜清掃しているため、はっきり言って意味があるかわからん
- 平均は1.5 mg-MPs/(m²-砂・日)じゃ
- 蓄積速度の報告は本当に少ない。米国ジョージア州で0.75 ~6.7 mg-MPs/(m²-砂・日) (Lee and Sanders, 2015) じゃ



Q6. 海岸にはどのくらいのMPsがあるの？



A6. それに答えられるところまでいっておらん。答え方を考えておる。

正確に言うと：

- MPsが多いところだけ測定して報告するのは不安じゃ
- 含有量を面積で重みづけすれば、調査対象地のMPs平均含有量とばらつき(標準偏差)を示すことができるのではないか？



- 砂浜を歩くと、ごみが帯状に集中しているのをよく見る
- 海水面が高くなったり低くなったりするのは知っているな？
- これは浮かぶごみが満潮時に打ち上げられたもの？
- このほかにも、吹き溜まりのようにまとまったごみもあるぞ





- 既存の海岸におけるMPs調査マニュアルでは、このようなごみが多いところを調査すべき、としている
- 限られた時間で調査しに行くのだから、MPsが多いところを調査するのも当然じゃ。ワシだってそうする。
- だが、ワシはこの方法だけでは不安じゃ

GUIDELINES FOR THE MONITORING AND ASSESSMENT OF PLASTIC LITTER IN THE OCEAN (GESAMP, 2019)

4 MONITORING METHODS FOR SHORELINES

4.1 Description and relevance of shoreline compartment

The shoreline is the interface between land and sea, and is an important compartment for monitoring because it is:

- (i) **where marine litter is present in high quantities;**
- (ii) **closer to land-based sources; and,**
- (iii) **most accessible. As a result, shorelines typically are the first environmental compartment considered for quantifying marine litter.**

4 海岸線のモニタリング方法

海岸線は、海ごみが大量に存在する場所である。

海岸線は通常、海ごみを定量化するために最初に検討される環境区画である。

海岸におけるマイクロプラスチック調査ガイドライン(市民参加型)(環日本海環境協力センター 2020)

3 調査の方法 (2) 調査の実施 ア 調査地点の選定

マイクロプラスチックは、満ち潮で打ちあがった海藻や漂着物が帯状になっているところが多く採取できることから、この満潮線を選ぶとよいとされています。満潮線をよく観察して、マイクロプラスチックが堆積している場所を調査地点とします。



白浜海岸でMPsを調査してきました



すごいな!どのくらいのMPsがあったんじゃ?

700 mgもありました

どこを測ったんじゃ?



そこならいっぱいあるじゃろうな。
1平方mあたりどのくらいになるんじゃ?

1平方mから採ったので700 mg/m²です

そうではなくて、白浜海岸では
1平方mあたりどのくらいになるんじゃ?
白浜海岸全体の量でもいいぞ

質問ばかりすると嫌われます

あれ?おーい

白浜海岸は700 mgでした。
赤浜海岸は500 mgでした。



青浜海岸は300 mgでした。
緑浜海岸は400 mgでした。

白浜海岸が一番多いです

あやしいのう

ここが700 mgであって、
他はやってないじゃろ



「白浜」というからには、
全体ではどうなんじゃ？

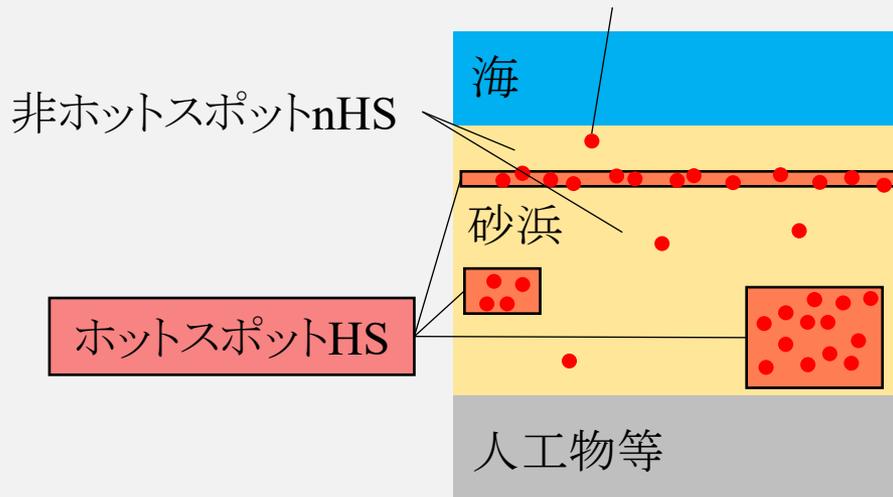


さらに、大きい海岸は不利になるのか？



- MPsが多いホットスポット (HS) と、少ない非ホットスポット (nHS) を目で見て判定
- HSとnHSのMPs含有量と面積を測定
- 含有量を面積で重みづけすれば, 調査対象地のMPs平均含有量とばらつき (誤差) を示すことができるのではないか?

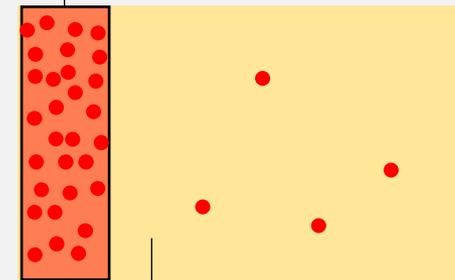
マイクロプラスチックMPs



ホットスポットHS:

面積 A_H (m^2)

濃度 C_H ($mg-MPs/m^2$)



非ホットスポットnHS

面積 A_n (m^2)

濃度 C_n ($mg-MPs/m^2$)

重みづけ平均 : $C_{all_ave} = \{A_H / (A_H + A_n)\} C_{H_ave} + \{A_n / (A_H + A_n)\} C_{n_ave}$

重みづけ誤差 : $\delta C_{all_ave} = \sqrt{\{(\partial C_{all_ave} / \partial C_{H_ave})^2 (\delta C_{H_ave})^2 + (\partial C_{all_ave} / \partial C_{n_ave})^2 (\delta C_{n_ave})^2\}}$

ホットスポットHS



16000 mg-MPs/m²-砂

非ホットスポットnHS



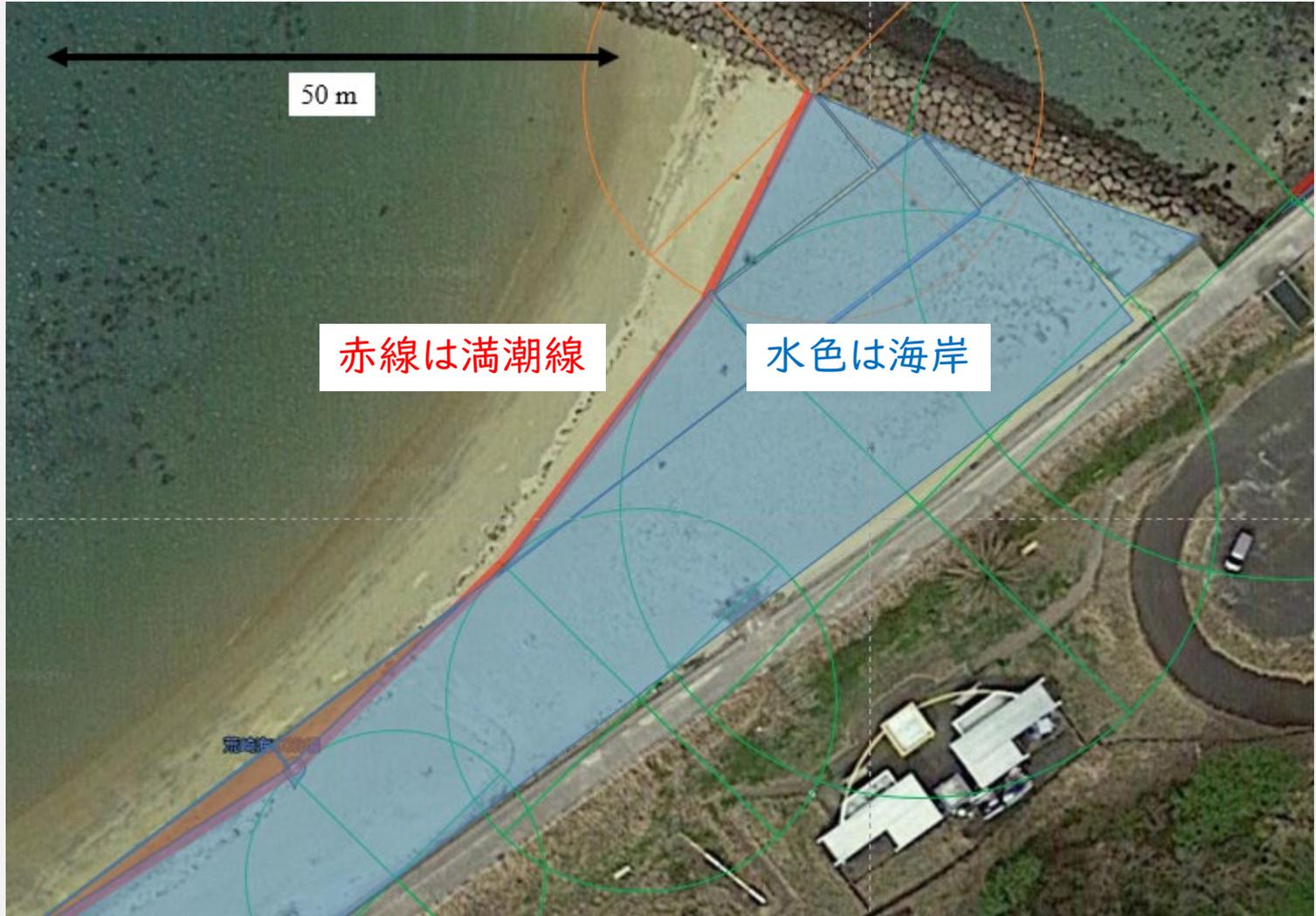
26 mg-MPs/m²-砂

陸側構造物と海側満潮線までの距離を測定した





乱暴じゃが、これで海岸の面積を計算できる



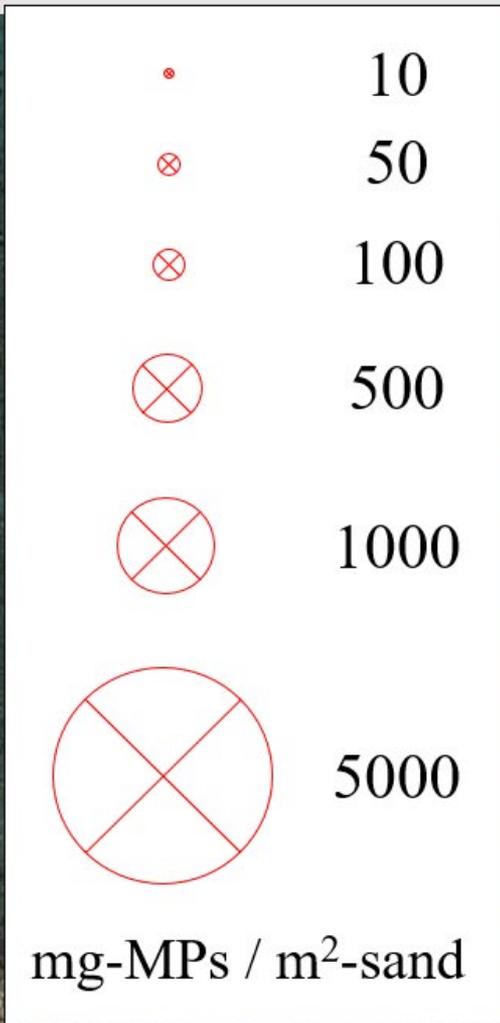
- ホットスポットの場所と大きさを歩いて測量する
- 2歩で1 mとなるように訓練した



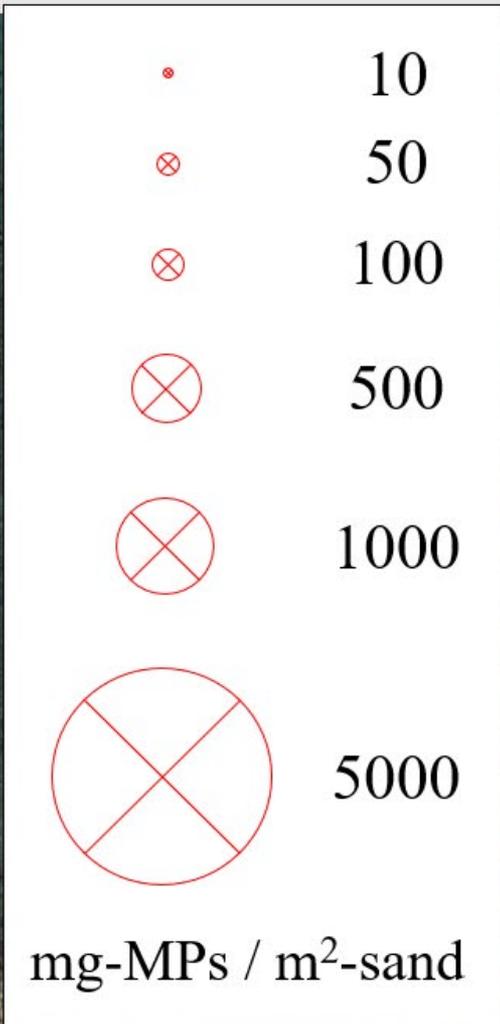
- ホットスポットHSの面積を記録した
- 非ホットスポットnHSの面積は広くて測定は無理じゃ
- しかたないので, nHS面積=海岸面積-HS面積 としたぞ



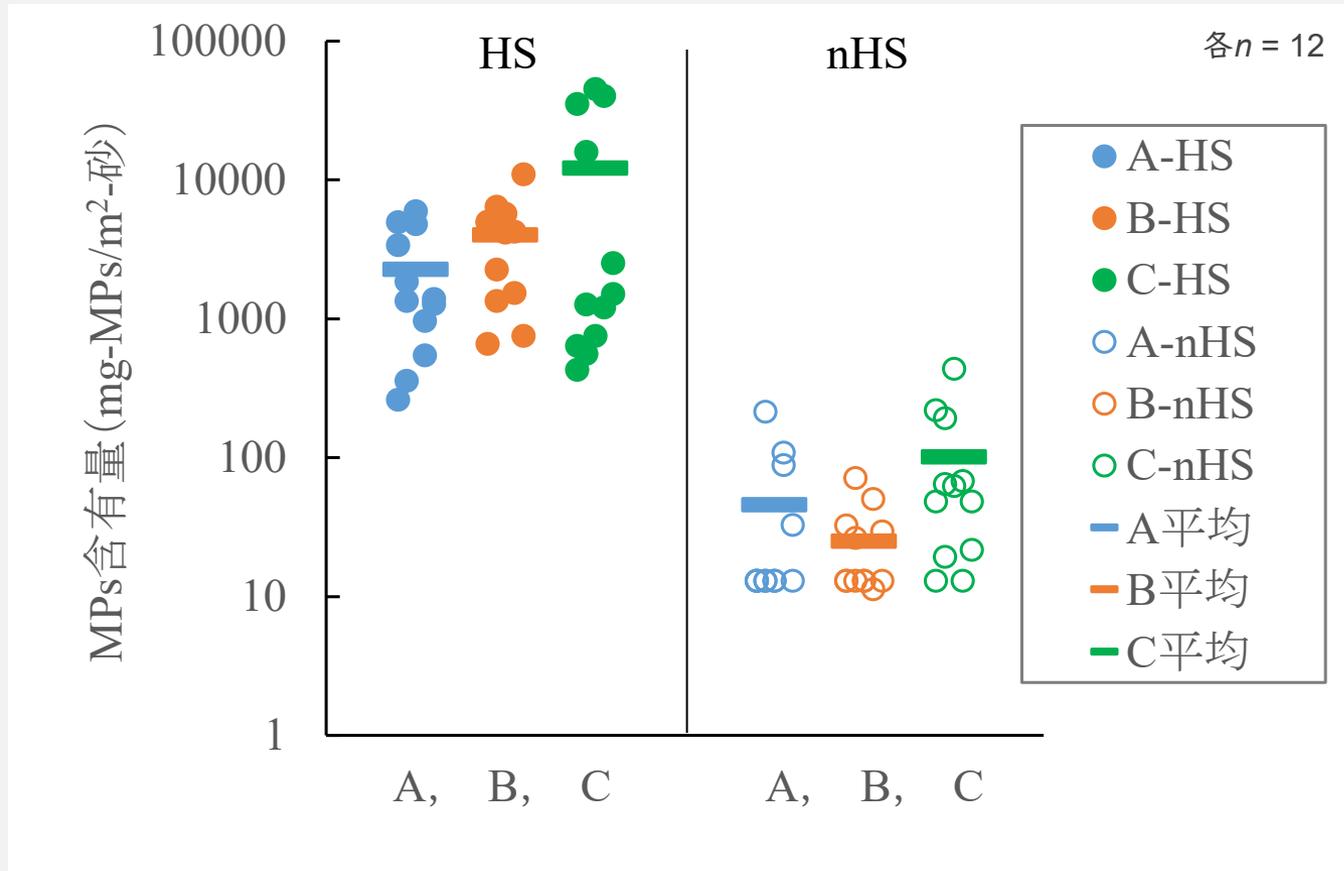
調査地点を正確に地図起こして、MPs含有量を円の大きさと表現すると、最高に楽しいぞ。



非ホットスポットnHSだと思ったところには、本当にMPsが無い。
これも重要な成果じゃ。



- 3地点で12か所ずつ測定したぞ
- ホットスポットと非ホットスポットで, はっきりとMPs量に違いが出ておるな





- この方法で, 初めて調査対象地のMPs平均含有量とばらつき (誤差) を示すことができたぞ
- 今回は調査対象地間の大小を比較することは目的ではない
- 十分に調査結果を蓄積できたら, 地域間比較をしたい

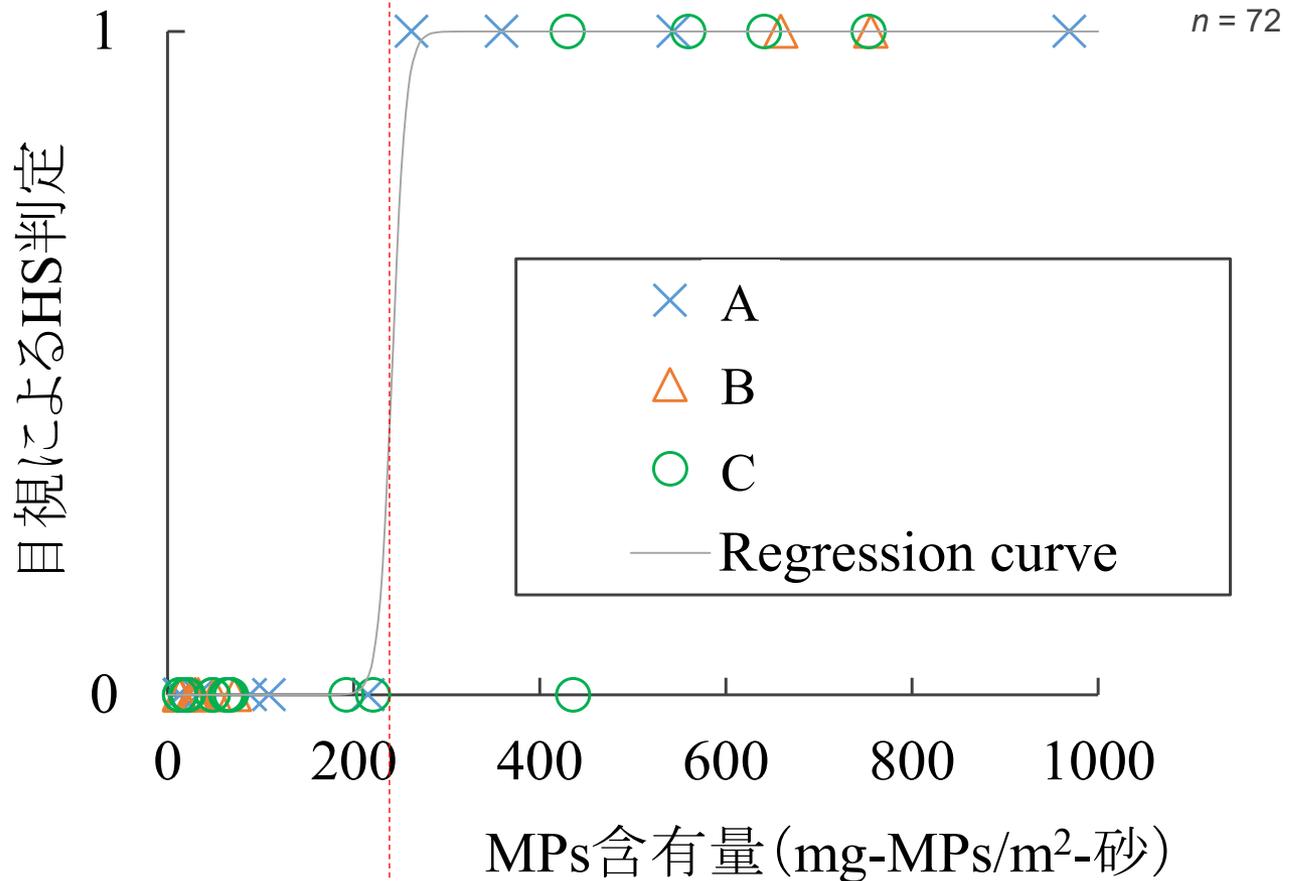
A海水浴場の調査結果

	平均 (a)	誤差 (b)	面積	面積比(c)	重付平均	誤差計算
	C_{ave}	δC_{ave}	A	r	$a \times c$	$c^2 \times b^2$
	mg-MPs/m ² -砂	mg-MPs/m ² -砂	m ² -砂	-	mg-MPs/m ² -砂	-
HS	2260	1266	533	0.11	257	20776
nHS	46	40	4145	0.89	41	31
合計			4677		298	20808
総合誤差	$\delta C_{all\ ave}$	mg-MPs/m ² -砂				144

3地点の調査結果

	平均	誤差
	$C_{all\ ave}$	$\delta C_{all\ ave}$
A	298	144
B	1115	518
C	4084	2243
	mg-MPs/m ² -砂	

- どの程度のMPs含有量で, HSとnHSの目視判定結果が切り替わるのか?
- 250 mg-MPs/m²-砂のあたりだろうか?
- そこで区切るとすると, 判別精度は99%になる



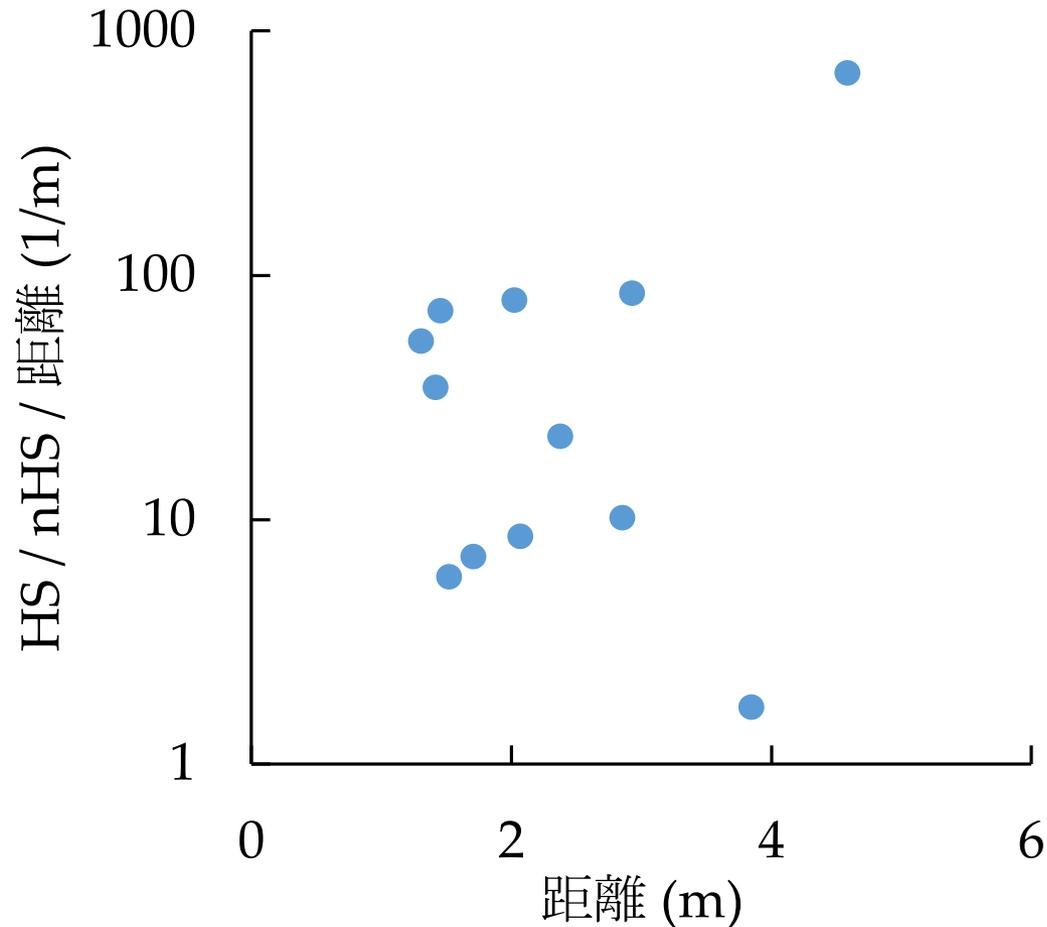
- 調査方法の特徴を見てみよう
- 面積重み付け法は、汀線法よりは正確なはず
- 小標本時には格子・ランダム法よりも正確なはず



方法	採取地点	利点	欠点	事例
汀線	HS	採取地点を決定しやすい	調査対象地の真の代表値より高く報告される	1~5
格子	格子	統計的に正当	小標本の際にHSを抽出しない可能性	6~10
ランダム	ランダム			11~15
面積重み付け	HSとnHS	HSの頻度を評価	主観的なHS目視判定による誤差	本研究

¹Dekiff et al., 2014; ²Martins et al., 2020; ³Jocelyn et al., 2023; ⁴Azaaouaj et al., 2024; ⁵Sousa-Guedes et al., 2024;
⁶Nchimbi et al., 2022; ⁷Gül, 2023; ⁸Kunz et al., 2023; ⁹Bentaallah et al., 2024; ¹⁰Luan and Wang, 2024;
¹¹Moreira et al., 2016; ¹²Cruz-Salas et al., 2022; ¹³Leads et al., 2023; ¹⁴Lekshmi et al., 2023; ¹⁵Şener and Yabanlı, 2023;

- 
- HSのすぐ隣がnHSじゃ
 - この図の縦軸は、ある場所から1 m進むとMPsが何倍になりうるかを示しておく
 - 1 m隣が100倍という例がたくさんあるな
 - ランダム法によるHSの取りこぼしは危険だと思うのじゃ



まとめ

- 蓄積速度:白浜での平均は1.5 mg-MPs/(m²-砂・日)
- 平均含有量:長崎県内3地点で,
298 ± 144, 1115 ± 518, 4084 ± 2243 mg-MPs/m²-砂

これから

- 蓄積速度:介入の無い調査対象地を見つける
- 平均含有量:地域間比較ができるように3年分データ蓄積
- 面積法が統計的にも有利であることを証明したい