

# 日本周辺沖合海域における 漂流ごみの現状

内田圭一（海洋科学部・海洋環境学科）

村田博明（海洋科学部・海洋生物資源学科）

北門利英（海洋科学部・海洋生物資源学科）

東海 正（海洋科学部・海洋生物資源学科）



# 発表内容

Part. 1 背景 内田 圭一

Part. 2 解析手法について 村田 博明

Part. 3 現状報告 内田 圭一



# はじめに

「美しく豊かな自然を保護するための海岸における良好な景観及び環境の保全に係る海岸漂着物等の処理等の推進に関する法律」 (2009年7月成立)

海岸漂着物対策が推進される中、海岸漂着物や沿岸域での漂流・漂着ごみの実態調査が行われてきた。こうした漂流・漂着ごみの有効な削減策を検討するには、その起源や移動、集積につながる情報として沖合での漂流ごみの実態調査が必要とされていた。



東京海洋大学練習船2隻による目視調査で実態解明に取り組んだ。

# 調査を行った船舶



海鷹丸

総トン数 1886[t] , 長さ 93.0[m] ,  
幅 14.90[m] , 深さ 8.90[m]  
航海速力 17.4[kt]  
ベット数 107(職員47,学生60)  
平成12年6月30日建造(三井造船玉野事業所)

太平洋 , インド洋 , 南氷洋等の遠洋で乗  
船実習教育・調査研究を実施 .

観測者の眼高 約14m



神鷹丸

総トン数 649[t] , 長さ 53.0[m] ,  
幅 110.6[m] , 深さ 6.8[m]  
航海速力 13.0[kt]  
ベット数 69(職員25,学生44)  
昭和59年12月10日建造(住友重機械工業 浦賀工場)

日本周辺沖合い域から太平洋・インド洋の  
赤道海域までを主な実習教育 , 調査研究の  
海域

観測者の眼高 約7m

# 目視観測における記録項目

## (漂流物の密度を求めるために)

基本情報(時刻, 右舷左舷, 方位, 船速, 位置, 天候, 風向, 風速, 海況, 海面グレア率)  
 発見されたアイテムの種類, 大きさ, 色, 横距離, 時刻

時刻	記録者	右舷or左舷 記録場所	横で記入 コース	船速 ノット	緯度 度	経度 分	緯度 度	経度 分	天候	風 風向	風速 m/s	海況	海面グレア率 %
18:00	田中	右舷	60	11.9	34	28122	130	2215	bc	321	5.8	2	30
17:00					34	48421	130	15758					

← 最後は緯度経度を忘れずに！！

以下、記録データの入力欄

種類	種類記号	サイズ	色	長さ	幅	面積	重量	備考
漂流物	01W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	02W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	03W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	04W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	05W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	06W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	07W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	08W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	09W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	10W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	11W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	12W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	13W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	14W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	15W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	16W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	17W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	18W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	19W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	20W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	21W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	22W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	23W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	24W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	25W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	26W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	27W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	28W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	29W	200	青	100	100	10000	100	
漂流物	30W	200	青	100	100	10000	100	

- 漂流物記号 -

漂流物	01W	100
漂流物	02W	100
漂流物	03W	100
漂流物	04W	100
漂流物	05W	100
漂流物	06W	100
漂流物	07W	100
漂流物	08W	100
漂流物	09W	100
漂流物	10W	100
漂流物	11W	100
漂流物	12W	100
漂流物	13W	100
漂流物	14W	100
漂流物	15W	100
漂流物	16W	100
漂流物	17W	100
漂流物	18W	100
漂流物	19W	100
漂流物	20W	100
漂流物	21W	100
漂流物	22W	100
漂流物	23W	100
漂流物	24W	100
漂流物	25W	100
漂流物	26W	100
漂流物	27W	100
漂流物	28W	100
漂流物	29W	100
漂流物	30W	100

# 2014年2015年の記録方法の比較

観測項目				観測日時				観測者	
項目	内容	単位	単位	開始時刻	終了時刻	開始位置	終了位置	氏名	職名
種類	海水中	プカ片	枚	08.05.14	11.00	08.05.14	11.00		
種類	海水中	プカ片	枚	08.05.14	11.00	08.05.14	11.00		
種類	海水中	プカ片	枚	08.05.14	11.00	08.05.14	11.00		
種類	海水中	プカ片	枚	08.05.14	11.00	08.05.14	11.00		
種類	海水中	プカ片	枚	08.05.14	11.00	08.05.14	11.00		
種類	海水中	プカ片	枚	08.05.14	11.00	08.05.14	11.00		
種類	海水中	プカ片	枚	08.05.14	11.00	08.05.14	11.00		
種類	海水中	プカ片	枚	08.05.14	11.00	08.05.14	11.00		
種類	海水中	プカ片	枚	08.05.14	11.00	08.05.14	11.00		
種類	海水中	プカ片	枚	08.05.14	11.00	08.05.14	11.00		



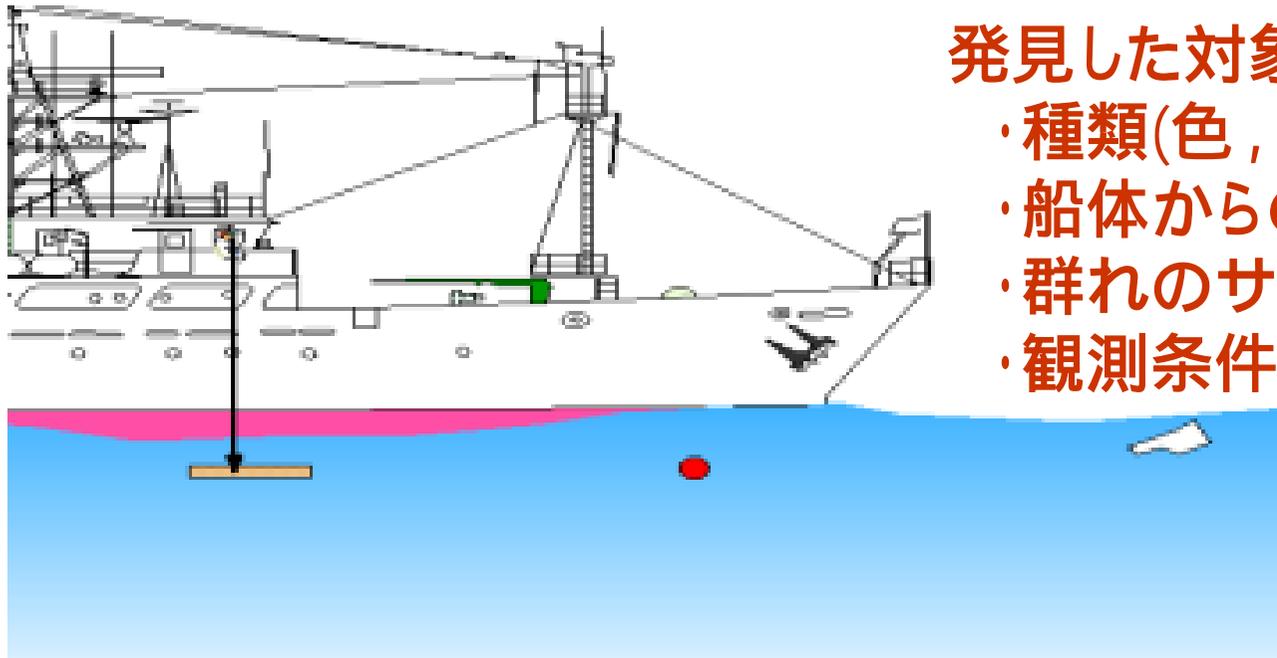
観測：記録，終了後デジタル化



観測：即デジタル化

大幅な時間短縮

# 調査方法



発見した対象物について記録.

- ・種類(色, 大きさなどの特徴)
- ・船体からの横距離
- ・群れのサイズ
- ・観測条件 など



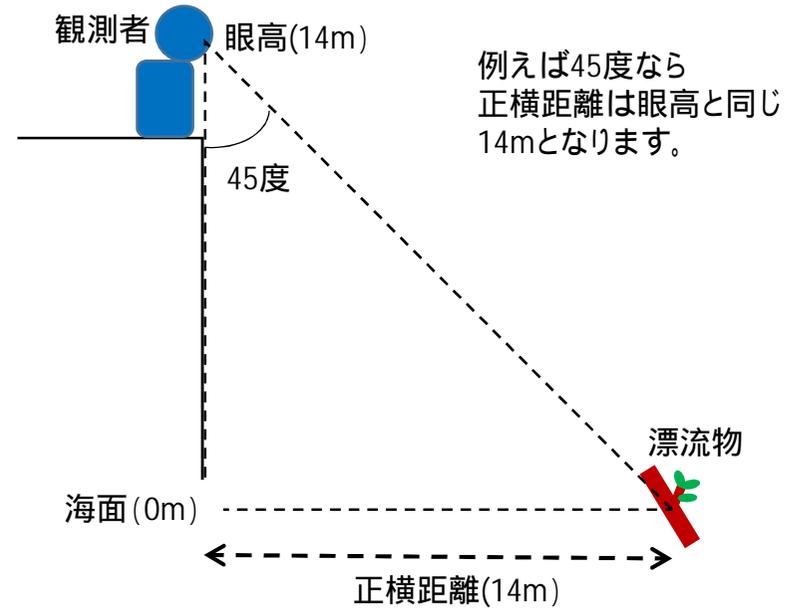
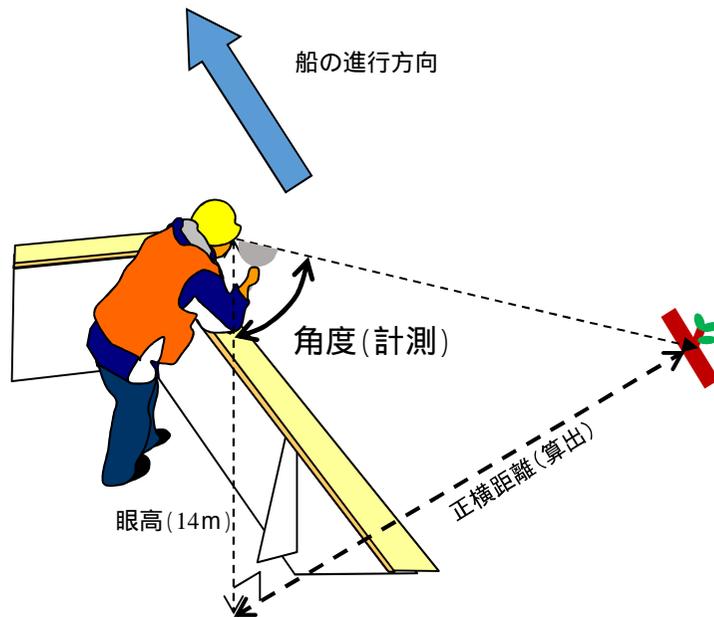
漂流物が観察者の真横に来たときに,  
船体からの距離を測定する.

ただし,ブリッジあるいはコンパスデッキ  
から対象物までの直線距離ではなく,  
船体横からの海面上の距離とする.

# 調査方法

## 目視観測最接近距離把握イメージシート

傾角度板を使って、最接近距離の感覚をつかむ。



角度と距離の関係模式図

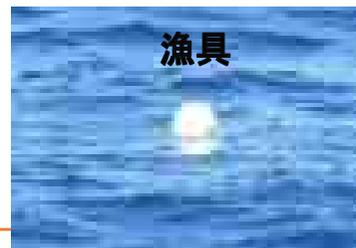
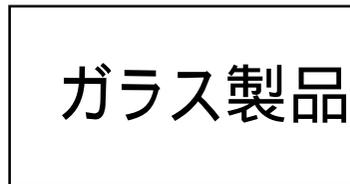
角度と最接近距離の関係表

角度(度)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
海鷹丸 (m)	1.2	2.5	3.8	5.1	6.5	8.1	9.8	11.7	14	17	20	24	30	38	52	79	160

# 漂流ごみの例

## 人工物

### 天然物



# 調査方法

## 記録用早見表

サイズの記入はSLMで

### サイズの記入例

20cm > SS

カップめんの容器,  
ソフトボール, 落ち葉,  
空き缶

例えば

50cm > S > 20cm

ペットボトルは全てSサイズ  
(500ml: 21cm, 1.5 ~ 2L: 31cm)

サンダル, スーパーの袋,  
ボンデン, サッカーボール,  
一升瓶, 一斗缶

100cm > M > 50cm

200cm > L > 100cm

LL > 200cm

ごみ袋,  
カラーコーン  
(70cm)  
ドラム缶(90cm)

# サイズの記録

## 種類の記入例

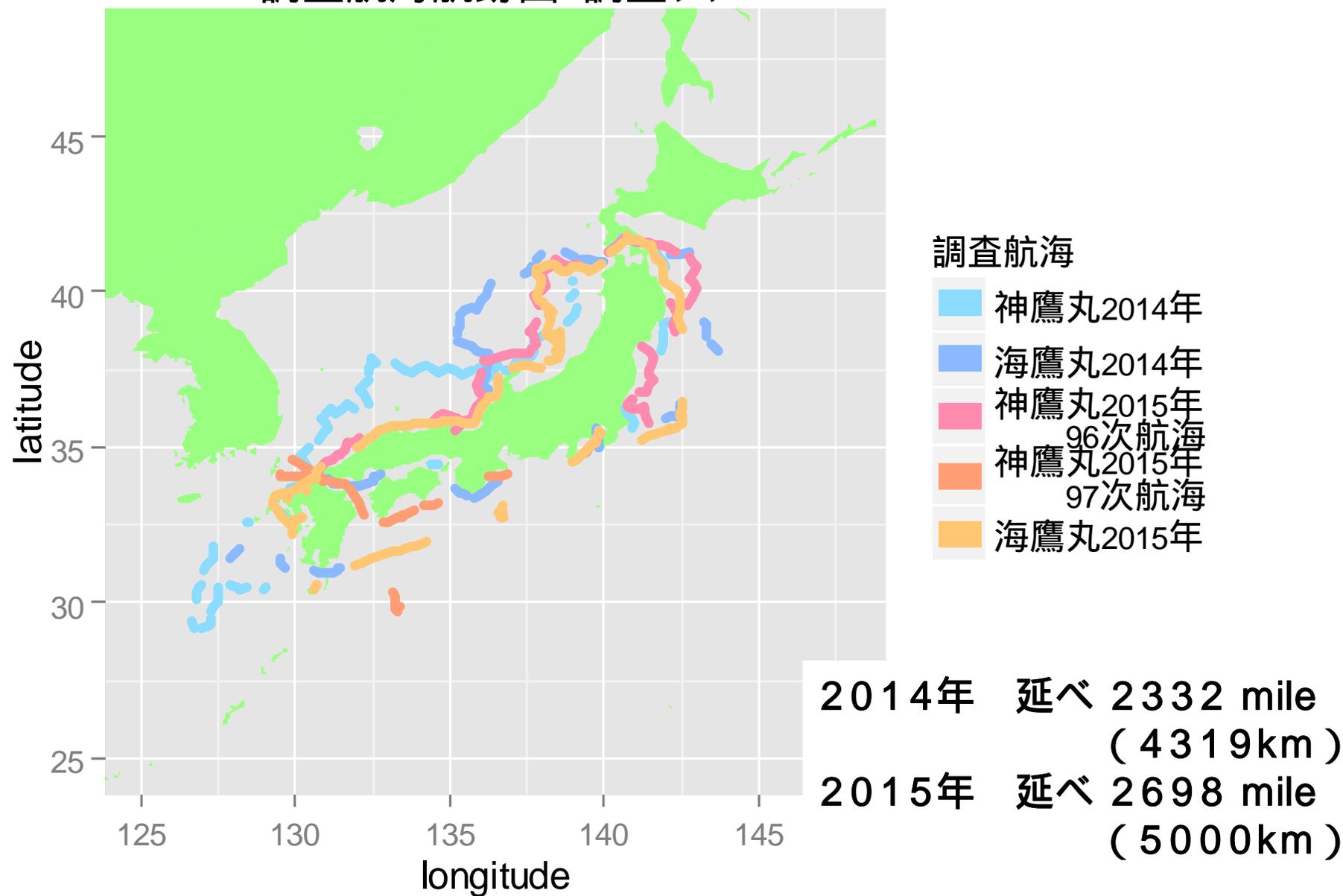
漂流物の例	種類	記号
	漁網	FGN
漁具	ボンデン 浮子	FGF
	その他 漁具	FGO
人工物	発泡スチロール	EPS
	レジ袋	PBA
	ペットボトル	PBO
	食品包装材(トレー, 弁当空, お菓子類袋など)	FP
	その他プラスチック製品	PC
	ガラス製品	G
	金属製品	M
	木材	W
	その他	UO
	天然物	流れ藻
流木		DW
その他		NO
その他不明	その他不明	UK

## 実例



# 調査海域

## 調査航海航跡図・調査レグ



# Part 2

## 解析手法について



海鷹丸 in 屋久島

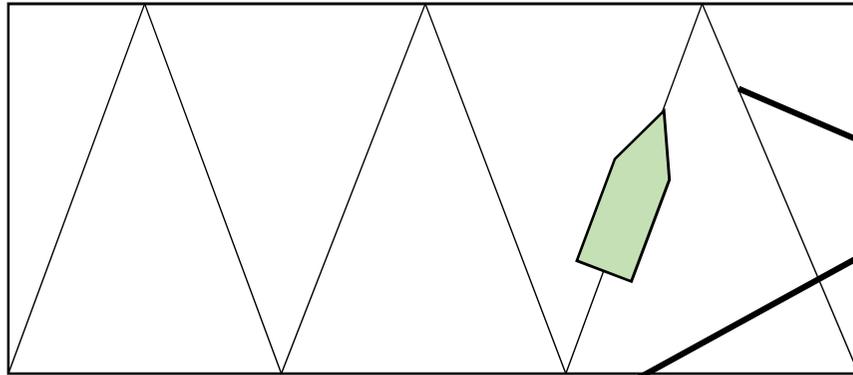
# 目次

- ライントランセクト法による密度推定とは
- 海洋大調査で得られたデータの解析
  - ・発見関数の推定とモデル選択
  - ・トラックライン上の発見率のモデリング
  - ・層化(グループ分け)によるモデル選択

# 目次

- ライントランセクト法による密度推定とは
- 海洋大調査で得られたデータの解析
  - ・発見関数の推定とモデル選択
  - ・トラックライン上の発見率のモデリング
  - ・層化(グループ分け)によるモデル選択

# ライントランセクト法による密度推定

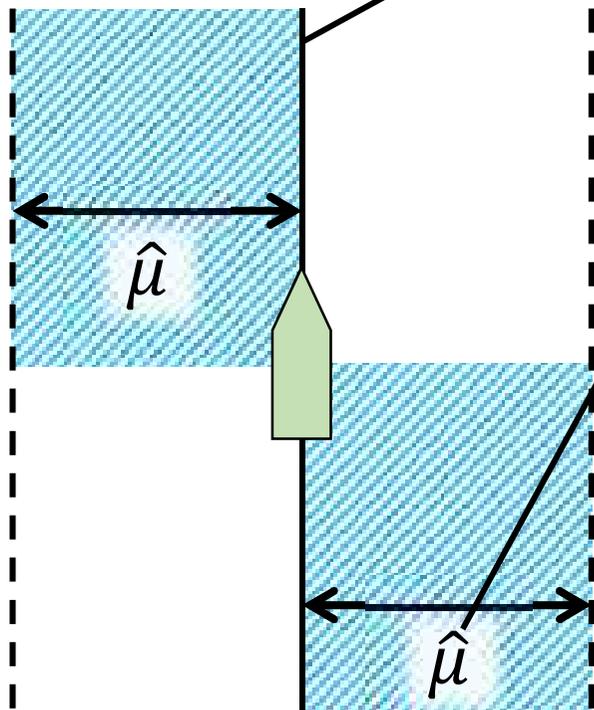


発見数  $: n$

トラックライン(全長)  $: L$

有効探索幅  $: \hat{\mu}$

理論上ここまで100%発見できる  
という距離  
統計的手法を使って推定される

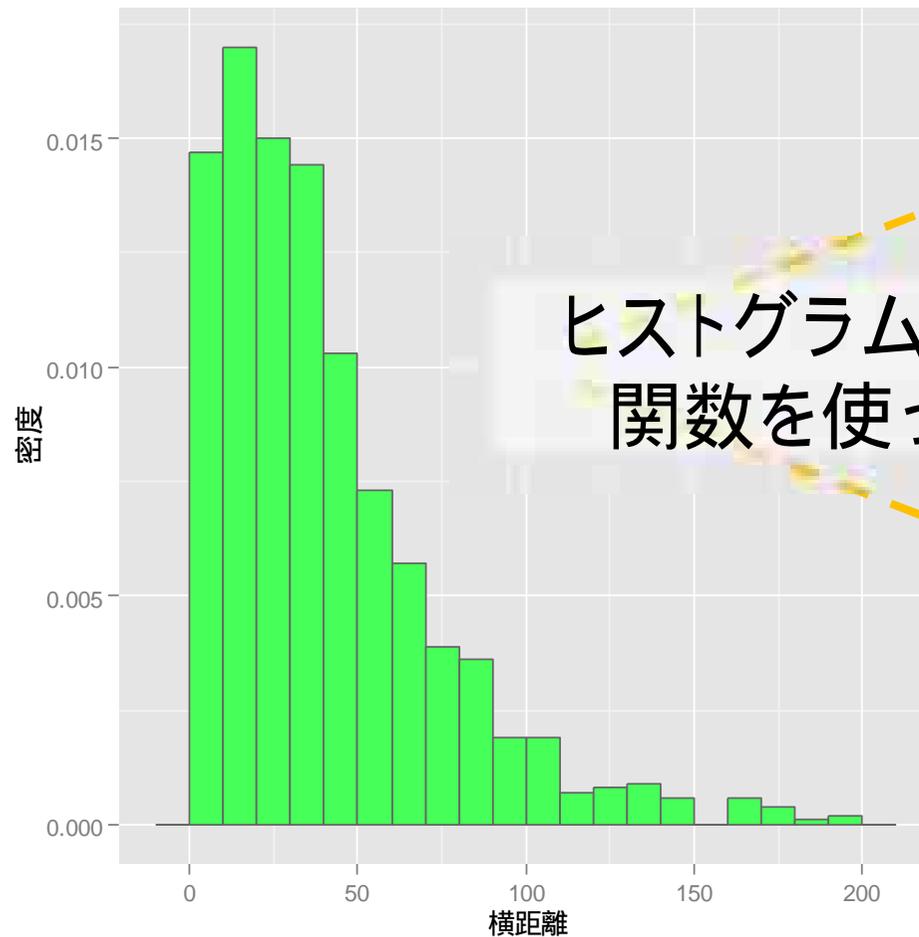


密度推定値  $\hat{D}$  は  
以下のように求められる

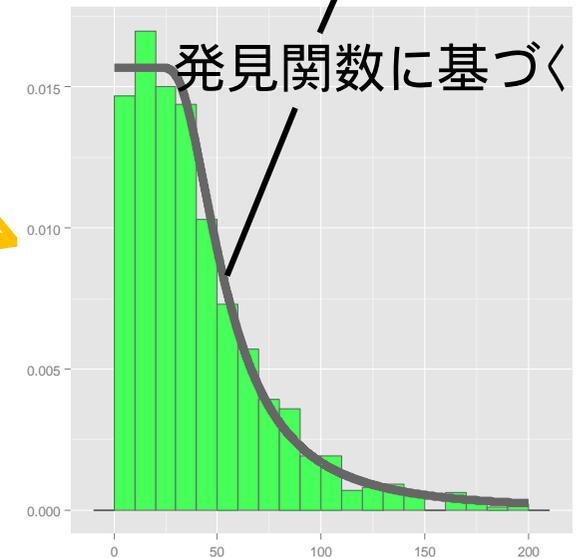
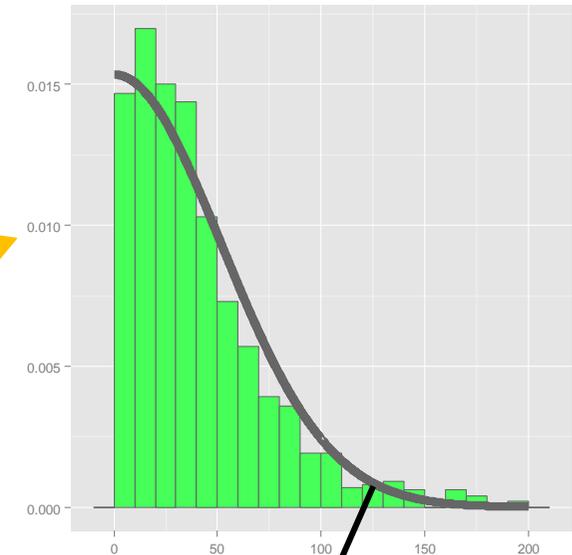
$$\hat{D} = \frac{n}{\hat{\mu}L} \text{ (個数/km}^2\text{)}$$

# 有効探索幅 $\hat{\mu}$ の推定

横距離のヒストグラム



ヒストグラムの概形を  
関数を使って表す



# 有効探索幅の推定：発見関数

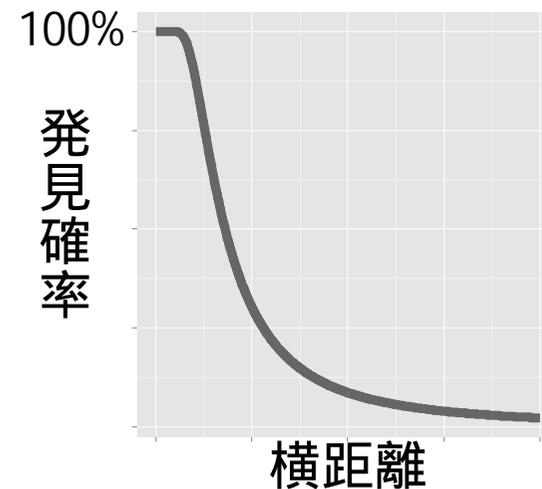
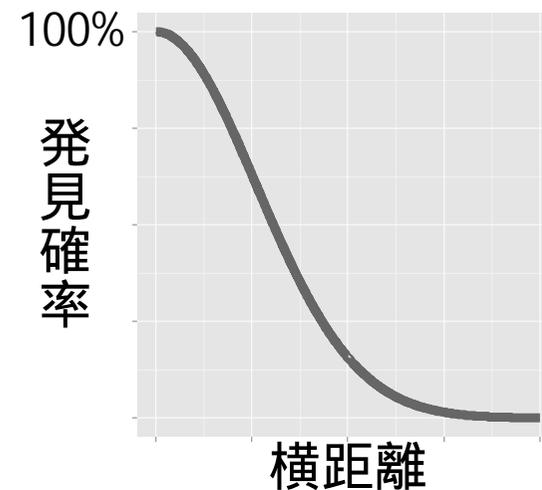
一般的に用いられるのは以下の2つである

- half-normal

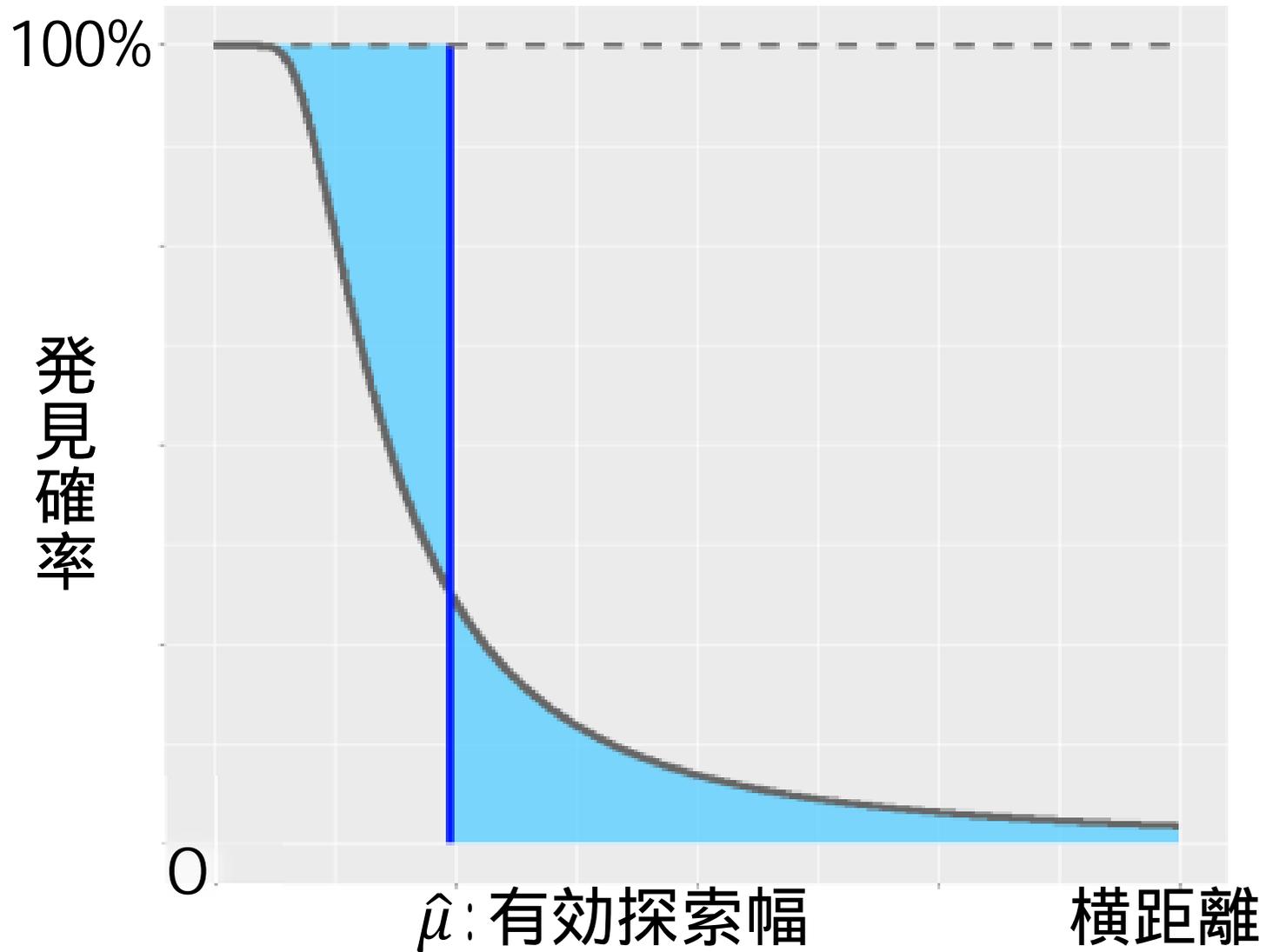
$$g(x) = \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

- hazard-rate

$$g(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x}{\sigma}\right)^{-b}\right)$$



# 有効探索幅の推定

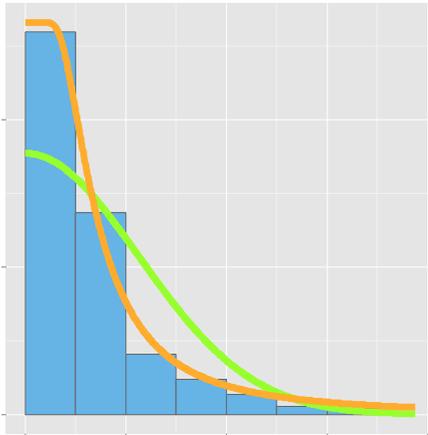


# 目次

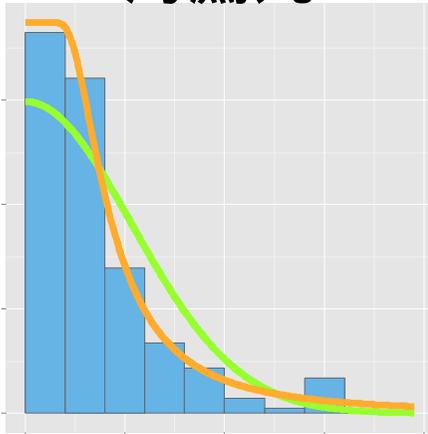
- ライントランセクト法による密度推定とは
- 海洋大調査で得られたデータの解析
  - ・発見関数の推定とモデル選択
  - ・トラックライン上の発見率のモデリング
  - ・層化(グループ分け)によるモデル選択

# 発見関数の選択

神鷹丸



海鷹丸



2014年 神鷹丸・海鷹丸のデータ

half-normal

hazard-rate

	half-normal 有効探索幅	hazard-rate 有効探索幅
神鷹丸	28.2	18.8
海鷹丸	33.5	26.7

# モデル選択について

いくつかモデルを作る

- ・モデルの良さをあらわす統計的基準
- ・低いほどよい

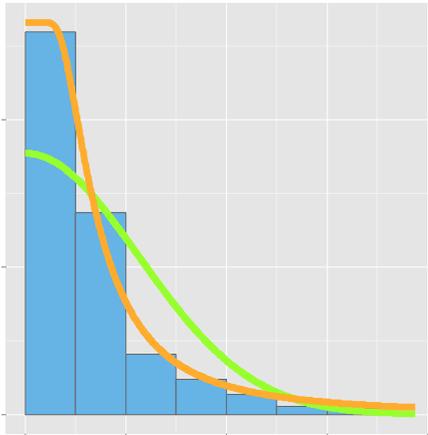
モデル	AIC
model 1	153.2
model 2	145.6
model 3	161.5

AICが最も低いモデルを選択

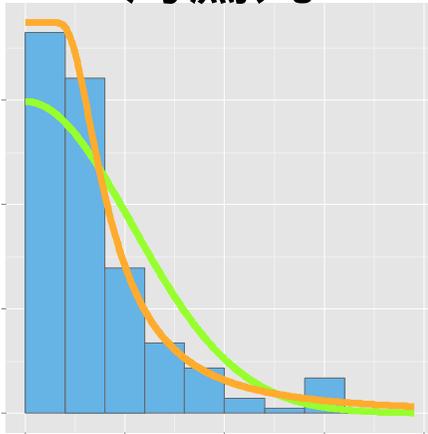
今回はこのようにモデル選択を行った

# 発見関数の選択

神鷹丸



海鷹丸



2014年 神鷹丸・海鷹丸のデータ

half-normal

hazard-rate

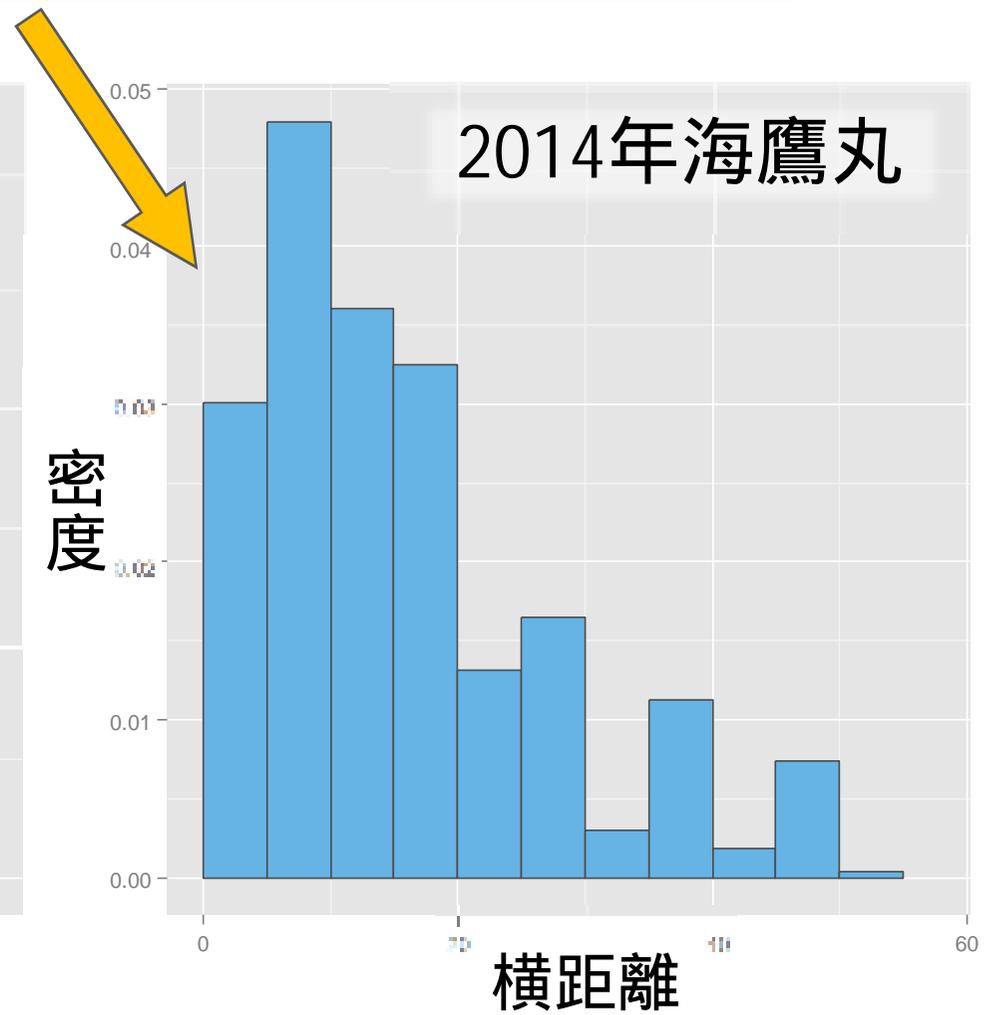
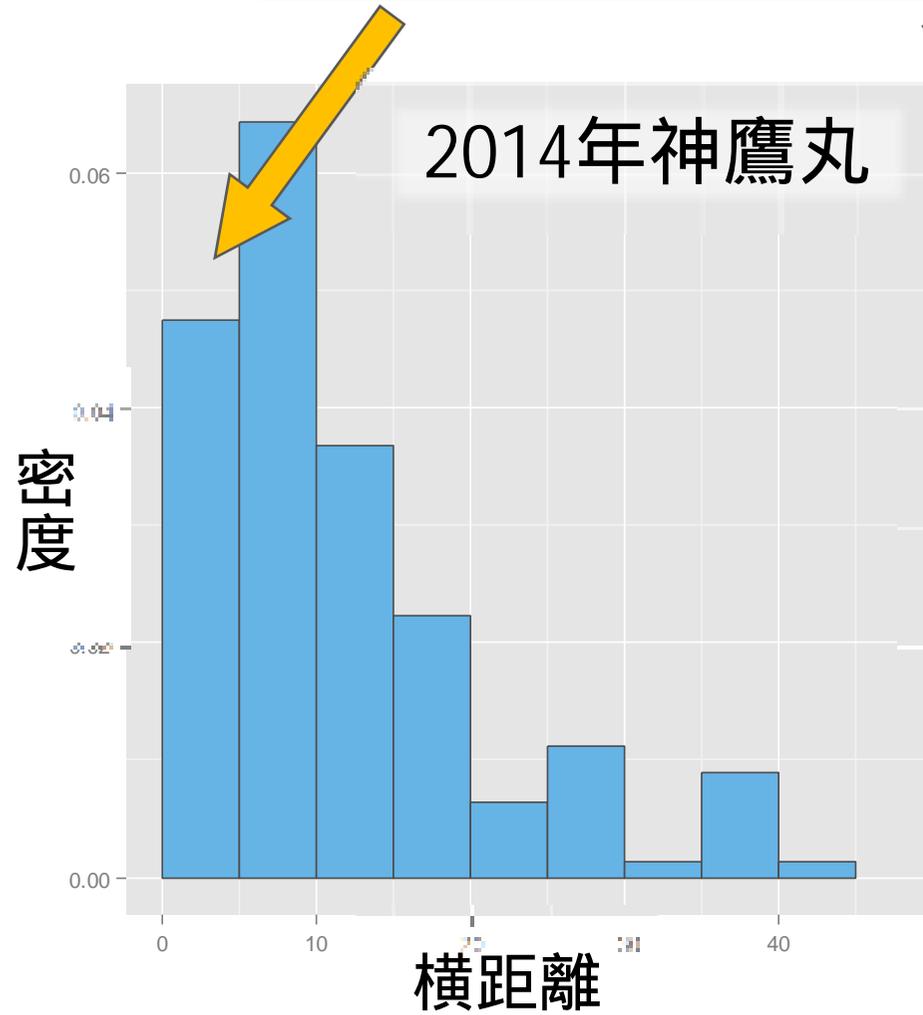
	half-normal		hazard-rate	
	有効探索幅	AIC	有効探索幅	AIC
神鷹丸	28.2	22116.2	18.8	20445.1
海鷹丸	33.5	18155.6	26.7	17441.9

hazard-rate関数を選択

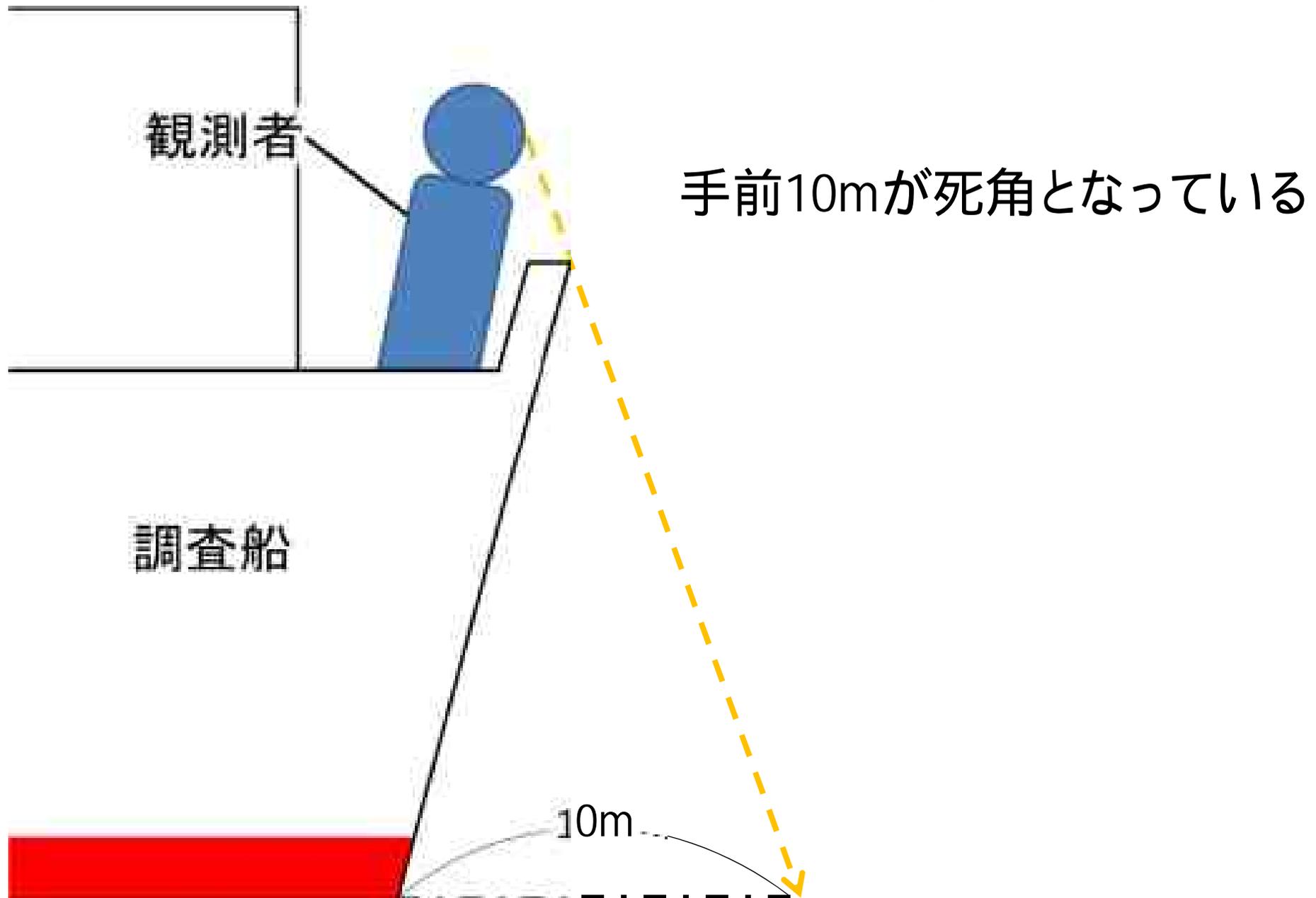
# 目次

- ライントランセクト法による密度推定とは
- 海洋大調査で得られたデータの解析
  - ・発見関数の推定とモデル選択
  - ・トラックライン上の発見率のモデリング
  - ・層化(グループ分け)によるモデル選択

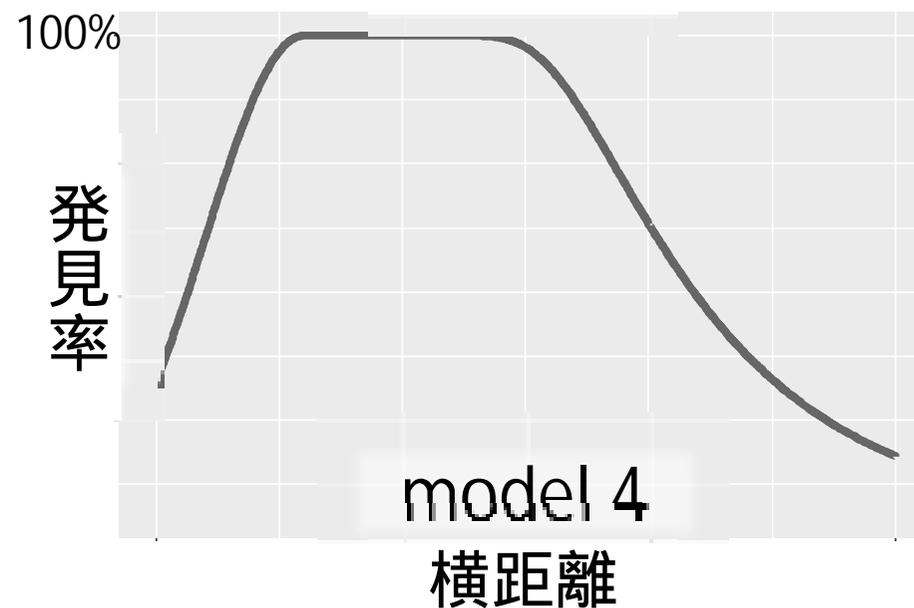
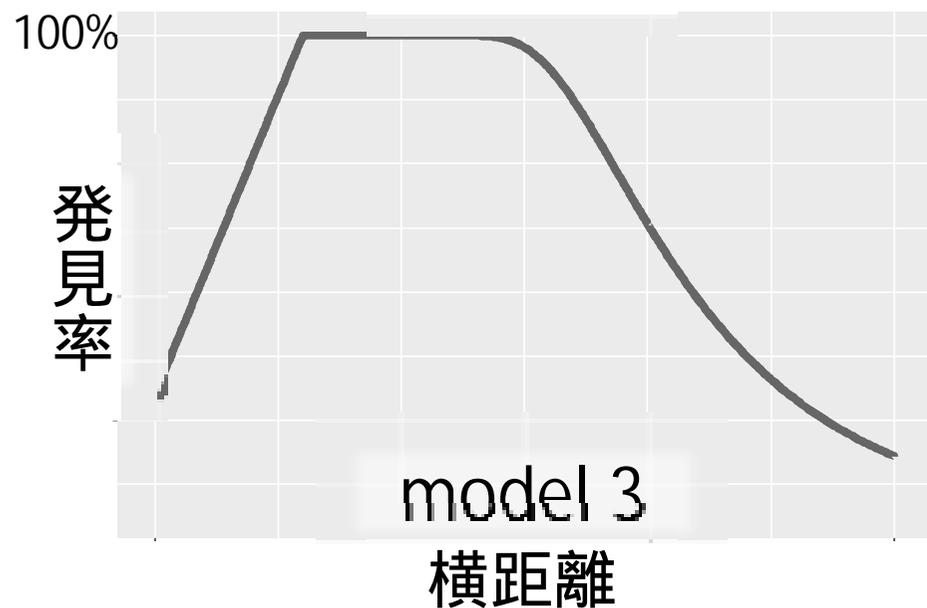
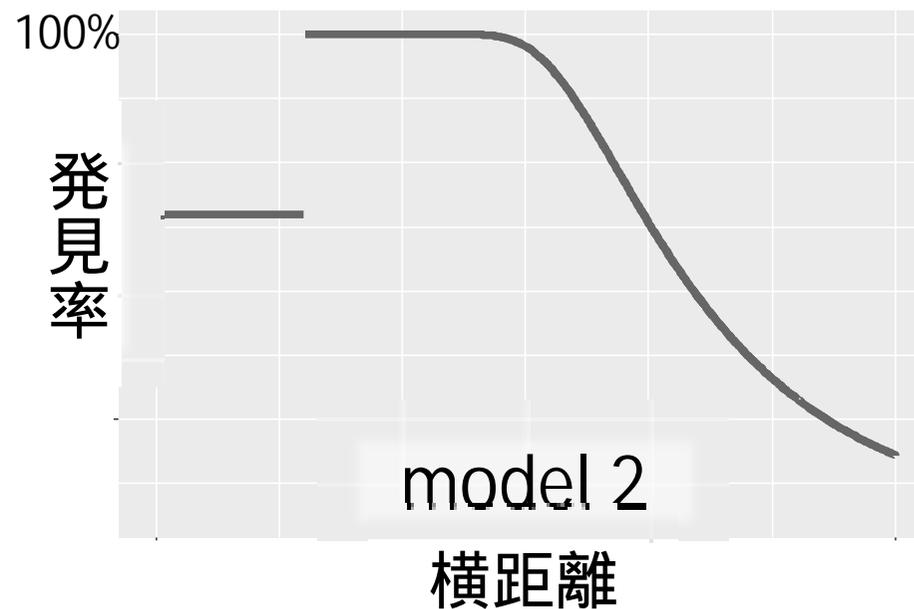
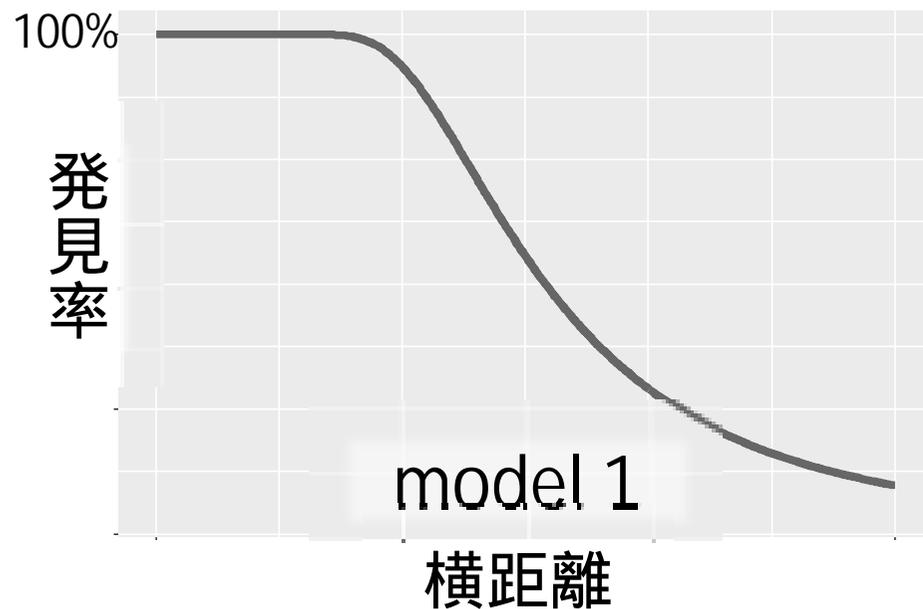
# トラックライン上の発見率



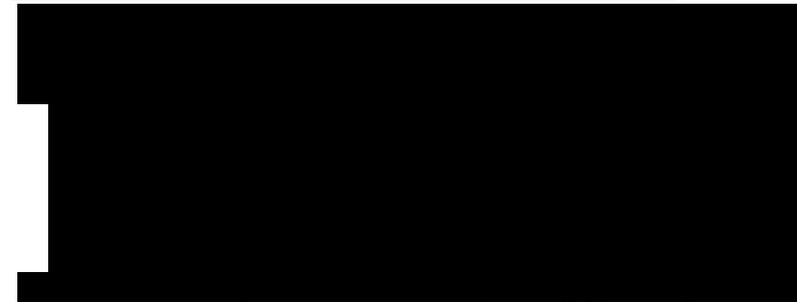
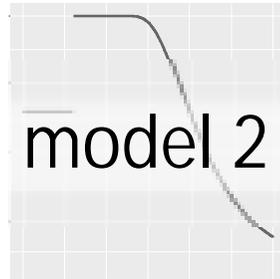
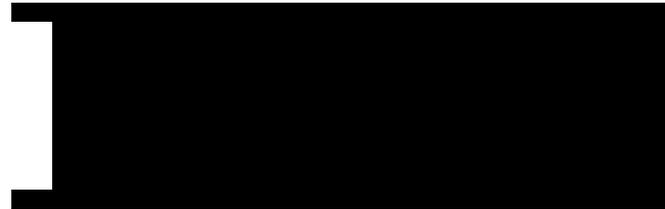
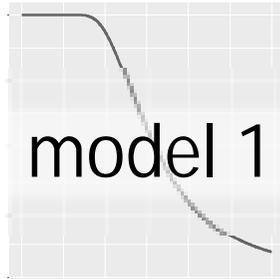
# トラックライン上の発見率



# トラックライン上の発見率を考慮した発見関数

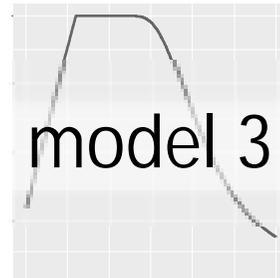


# トラックライン上の発見率を考慮した発見関数



$x \leq \text{cutpoint}$

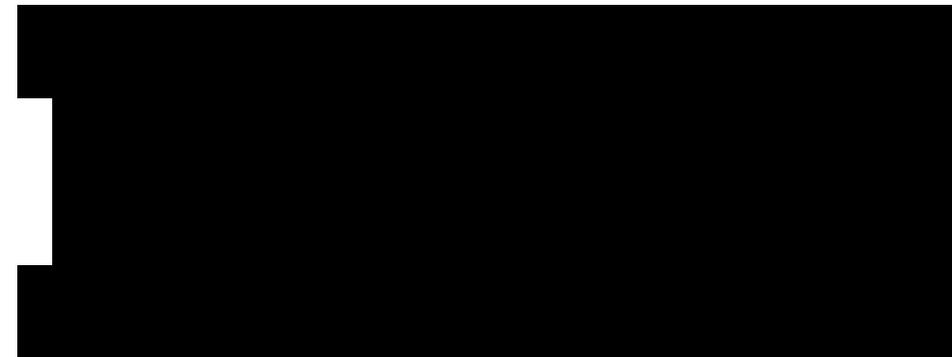
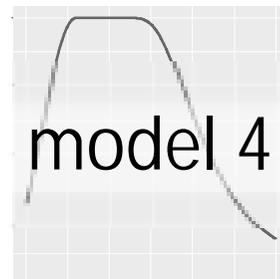
$x > \text{cutpoint}$



$$g(x) = \begin{cases} \delta + \frac{(1 - \delta)}{\text{cutpoint}} x & x \leq \text{cutpoint} \\ 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - \text{cutpoint}}{\sigma}\right)^{-b}\right) & x > \text{cutpoint} \end{cases}$$

$x \leq \text{cutpoint}$

$x > \text{cutpoint}$

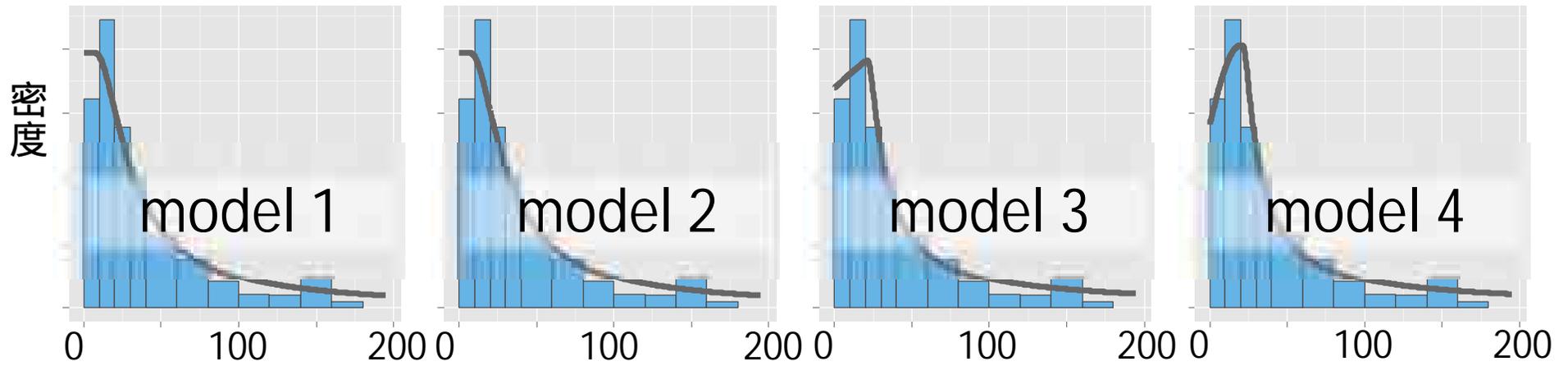


$x \leq \text{cutpoint}$

$x > \text{cutpoint}$

# トラックライン上の発見率を考慮した発見関数

例) 2014年神鷹丸 発泡スチロール



各発見関数の密度推定値とAIC

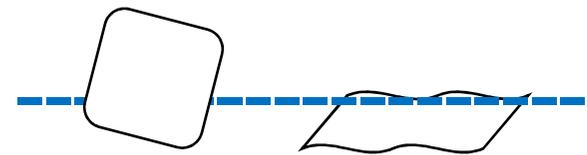
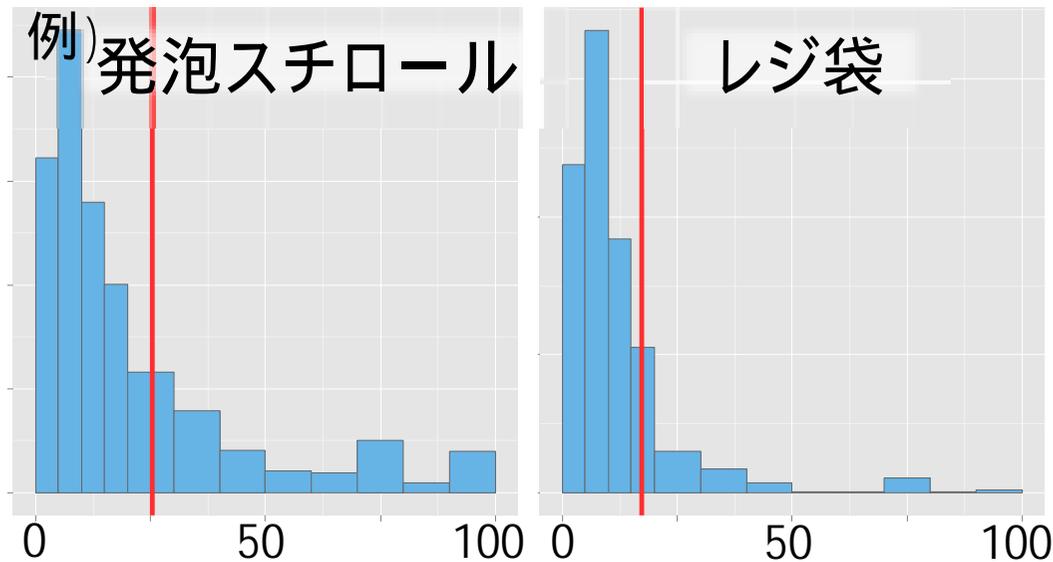
調査航海	model 1		model 2		model 3		model 4	
	密度	AIC	密度	AIC	密度	AIC	密度	AIC
2014年神鷹丸	111.5	16907.1	94.4	17476.8	117.7	16726.2	121.5	16719.8
2014年海鷹丸	91.7	14249.9	85.3	14248.2	98.1	14107.7	101.2	14092.9
2015年神鷹丸96次航海	83.9	15053.9	78.9	14938.5	88.5	14791.9	91.7	14777.5
2015年神鷹丸96次航海	68.5	3563.8	61.7	3673.0	90.9	3513.4	81.9	3510.1
2015年海鷹丸	84.5	26918.1	92.9	26842.5	128.9	26466.2	107.6	26424.6

# 目次

- ライントランセクト法による密度推定とは
- 海洋大調査で得られたデータの解析
  - ・発見関数の推定とモデル選択
  - ・トラックライン上の発見率のモデリング
  - ・層化(グループ分け)によるモデル選択

# 発見のしやすさ

ごみの種類：発泡スチロール・レジ袋・プラスチック片...



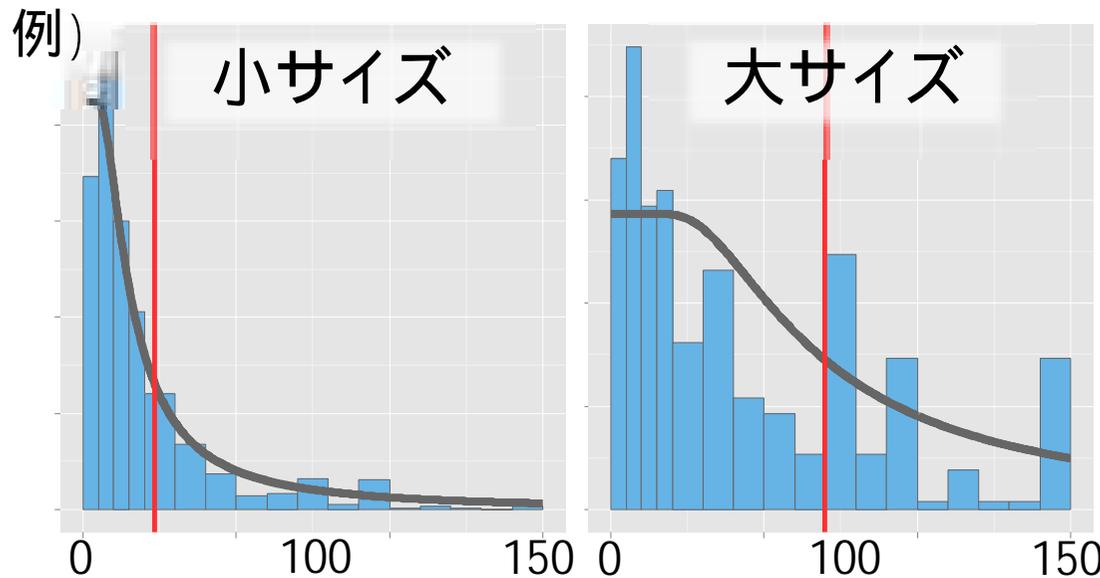
浮かび方が異なる

各層化による密度推定値とAIC

調査航海	層化なし		ごみの種類で層化	
	密度(/ $km^2$ )	AIC	密度(/ $km^2$ )	AIC
2014年神鷹丸	133.9	19738.8	134.0	19315.5
2014年海鷹丸	104.6	17212.5	105.2	16828.7
2015年神鷹丸96次航海	84.4	15540.8	84.4	15273.2
2015年神鷹丸97次航海	88.0	4749.2	89.8	4643.8
2015年海鷹丸	86.1	27987.4	85.5	27468.0

# 発見のしやすさ

さらにサイズや天候でも発見率が異なるのではないか？



サイズ：SS・S・M・L・LL

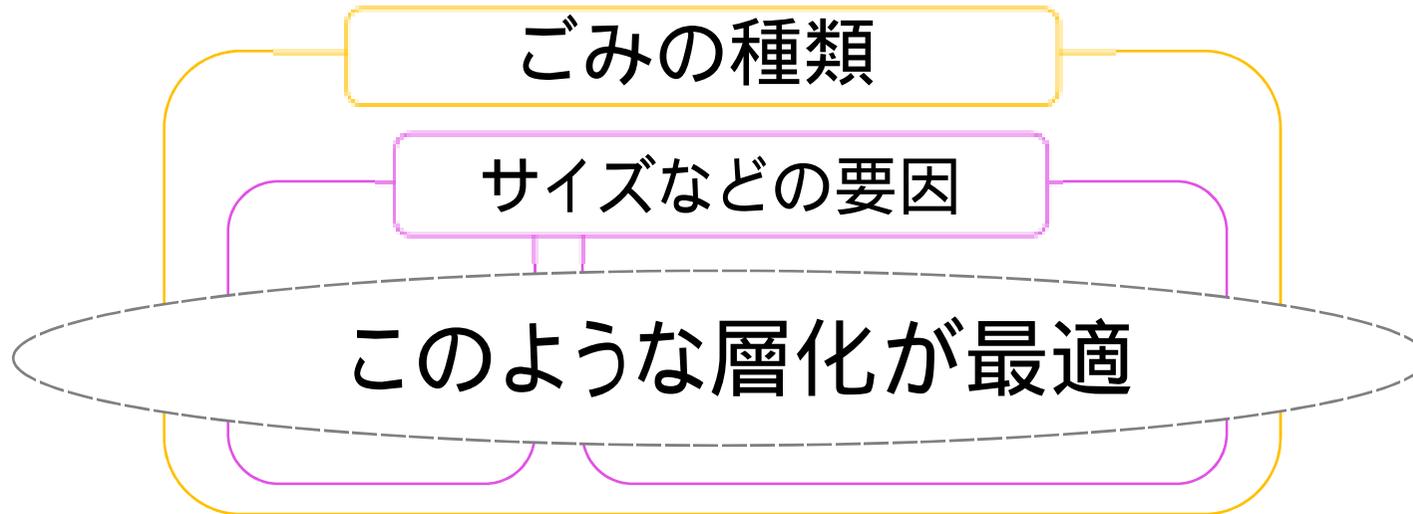
天候：快晴・晴れ・曇り・雨

海況：1, 2, 3, 4, 5

各層化による密度推定値とAIC

調査航海	ごみの種類で層化		要因でも層化	
	密度(/ $km^2$ )	AIC	密度(/ $km^2$ )	AIC
2014年神鷹丸	134.0	19315.5	152.7	19126.0
2014年海鷹丸	105.2	16828.7	112.9	16603.4
2015年神鷹丸96次航海	84.4	15273.2	87.5	15139.1
2015年神鷹丸97次航海	89.8	4643.8	102.5	4578.5
2015年海鷹丸	85.5	27468.0	85.3	27328.0

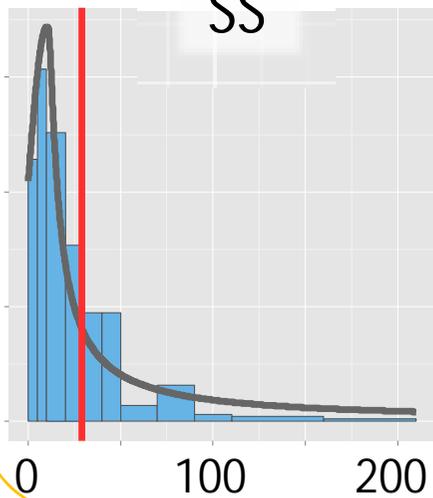
# 層化のまとめ



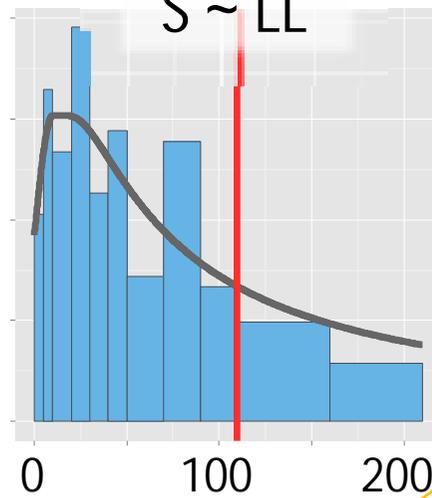
例)

発泡スチロール

SS

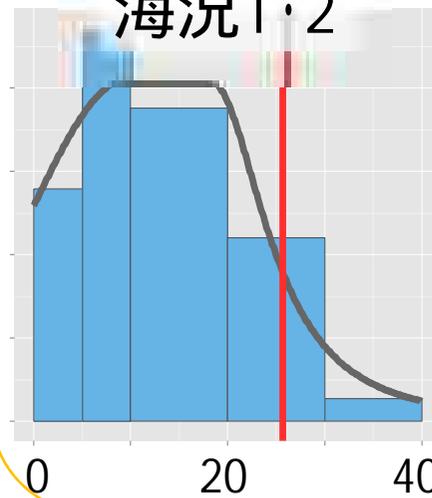


S ~ LL

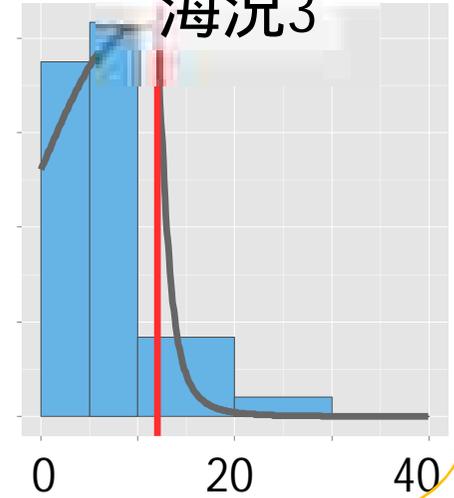


食品包装材

海況1・2

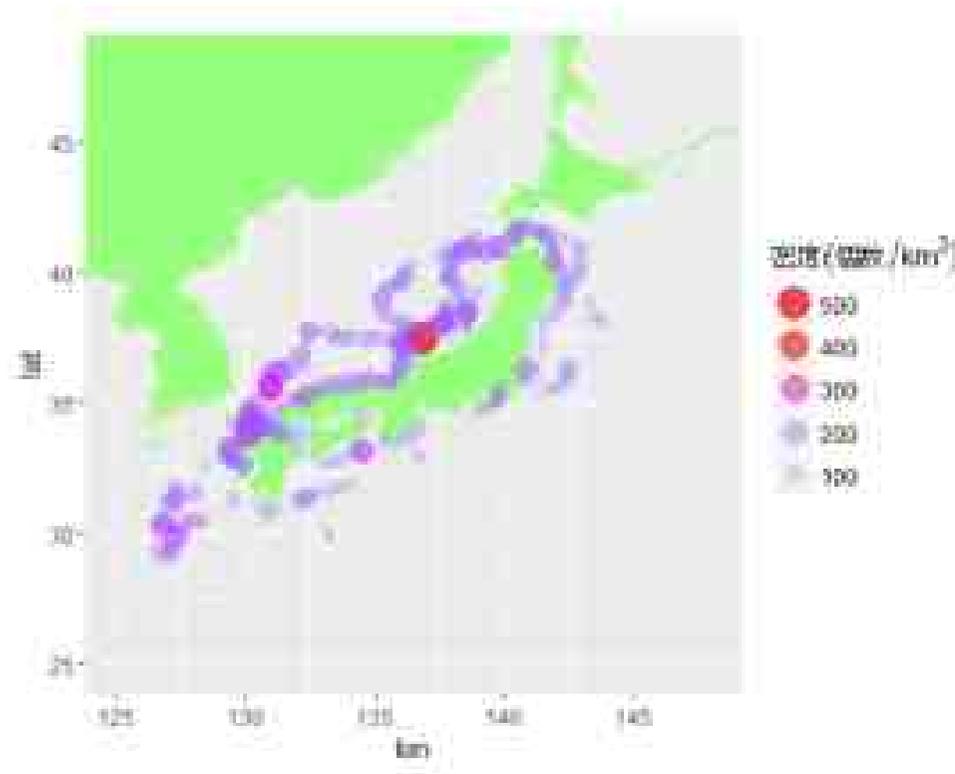


海況3



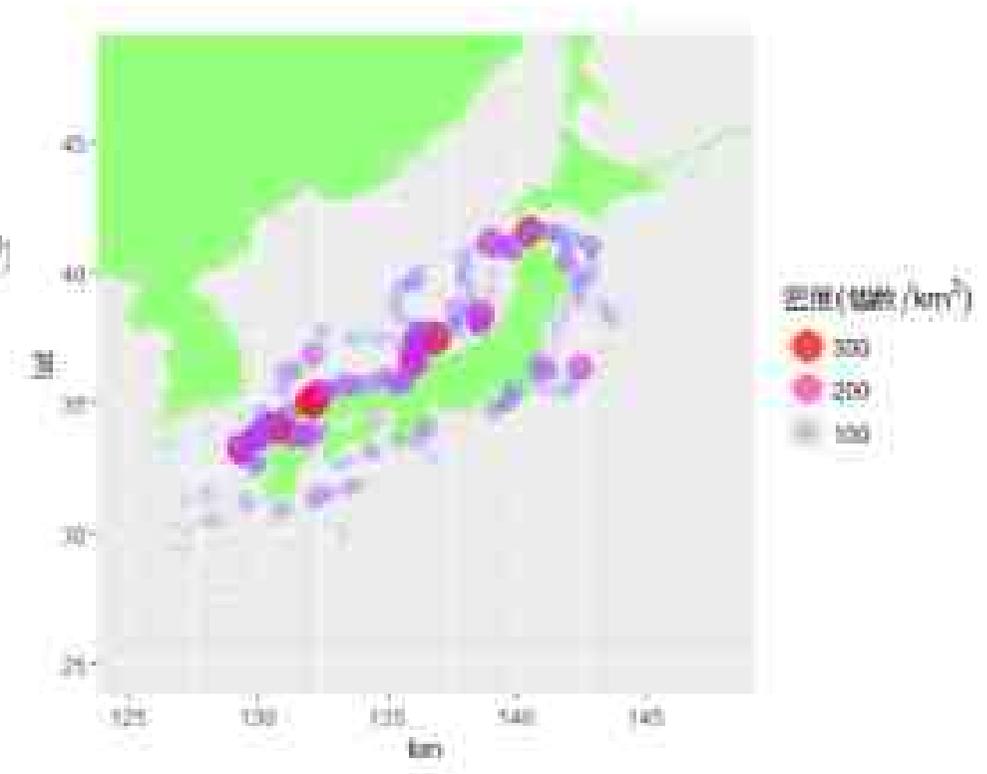
# 密度推定結果

## 人工物



沖縄の北や九州・中国地方の  
日本海側で密度が高い

## 天然物



沖合へいくほど少なく、  
沿岸部に多い傾向

## Part. 3 現状報告

層化したデータを基にした解析結果

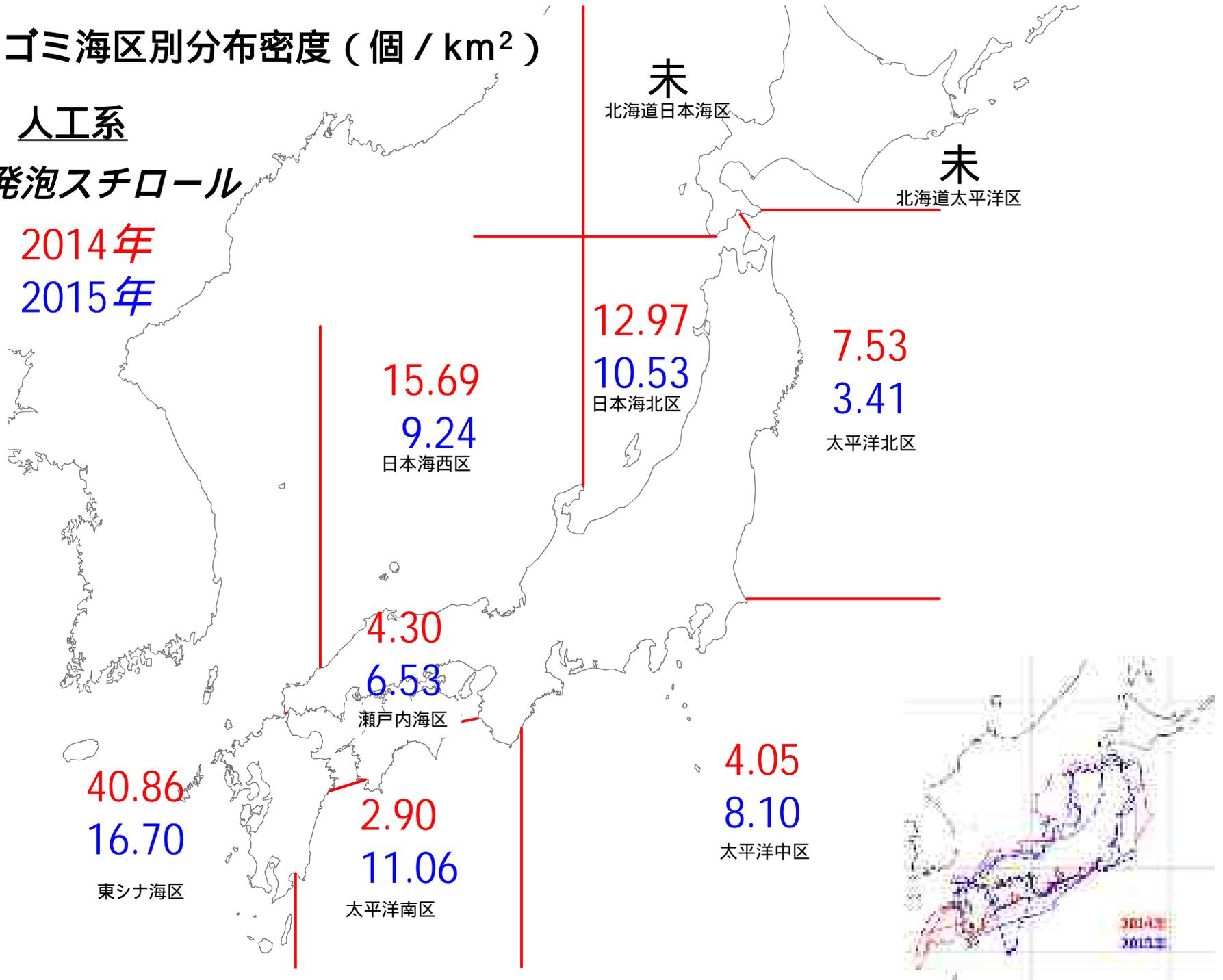
2014年と2015年の結果を比較

# 漂流ゴミ海区別分布密度 (個 / km<sup>2</sup>)

人工系  
発泡スチロール

2014年

2015年



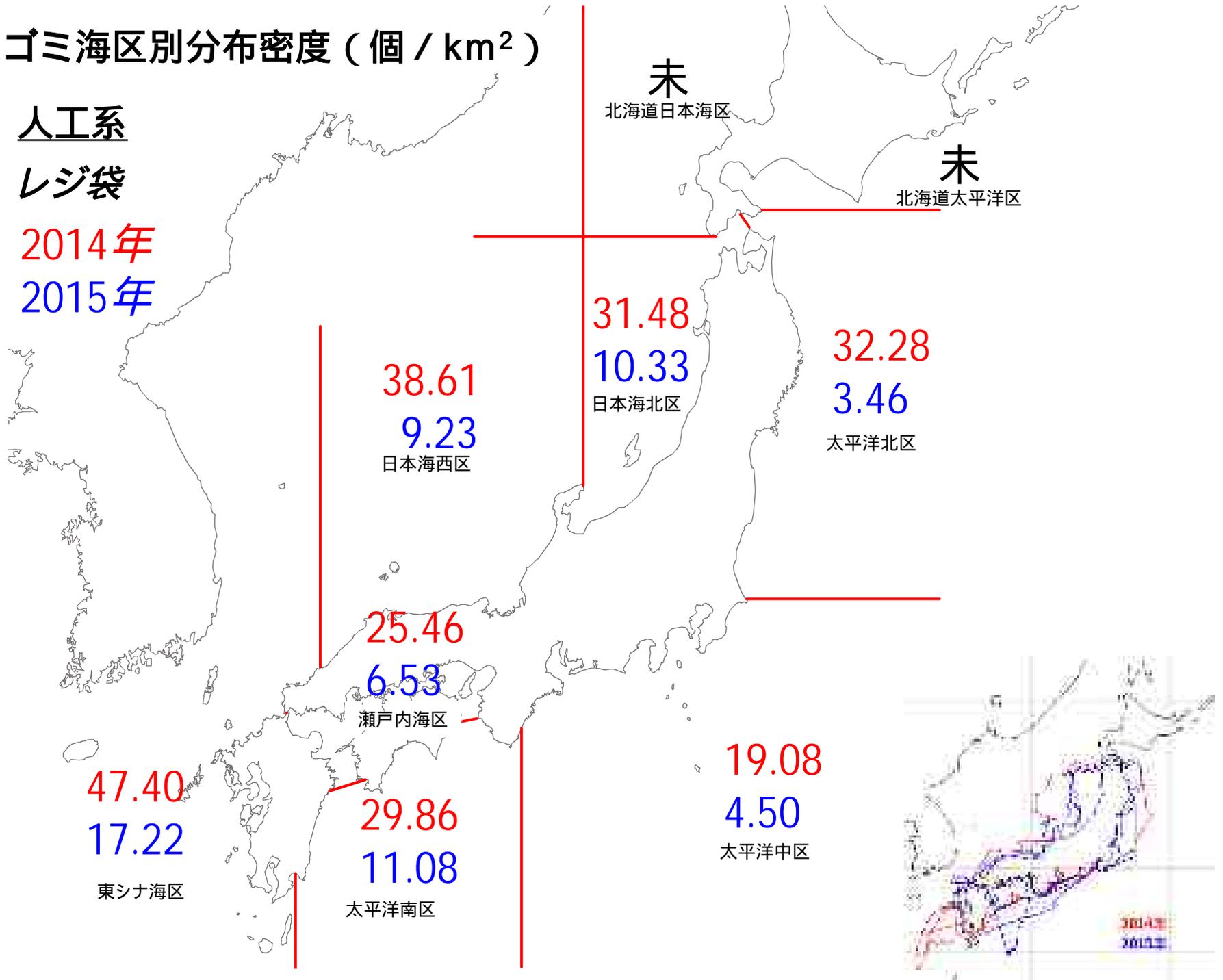
# 漂流ゴミ海区別分布密度 (個 / km<sup>2</sup>)

人工系

レジ袋

2014年

2015年



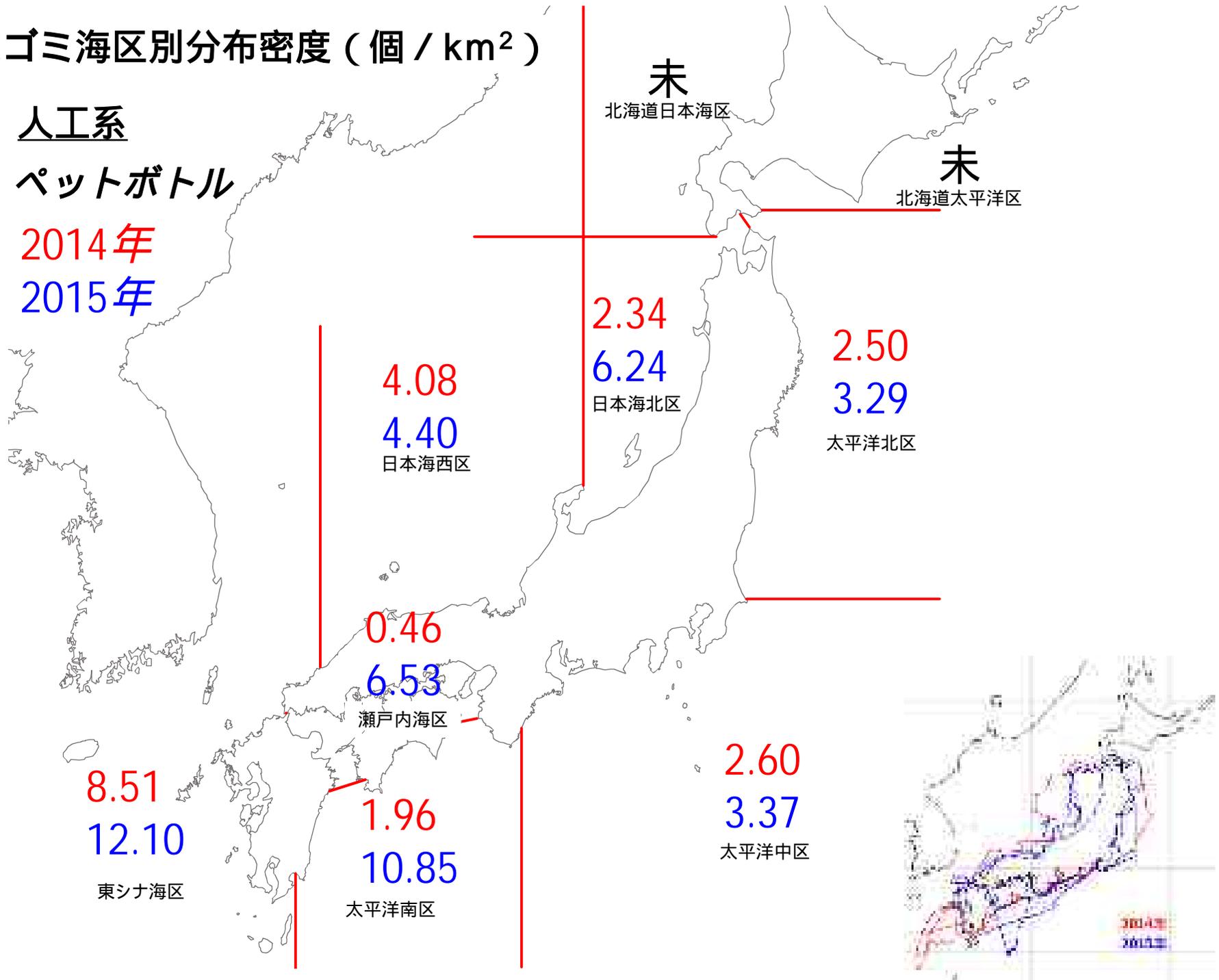
# 漂流ゴミ海区別分布密度 (個 / km<sup>2</sup>)

人工系

ペットボトル

2014年

2015年



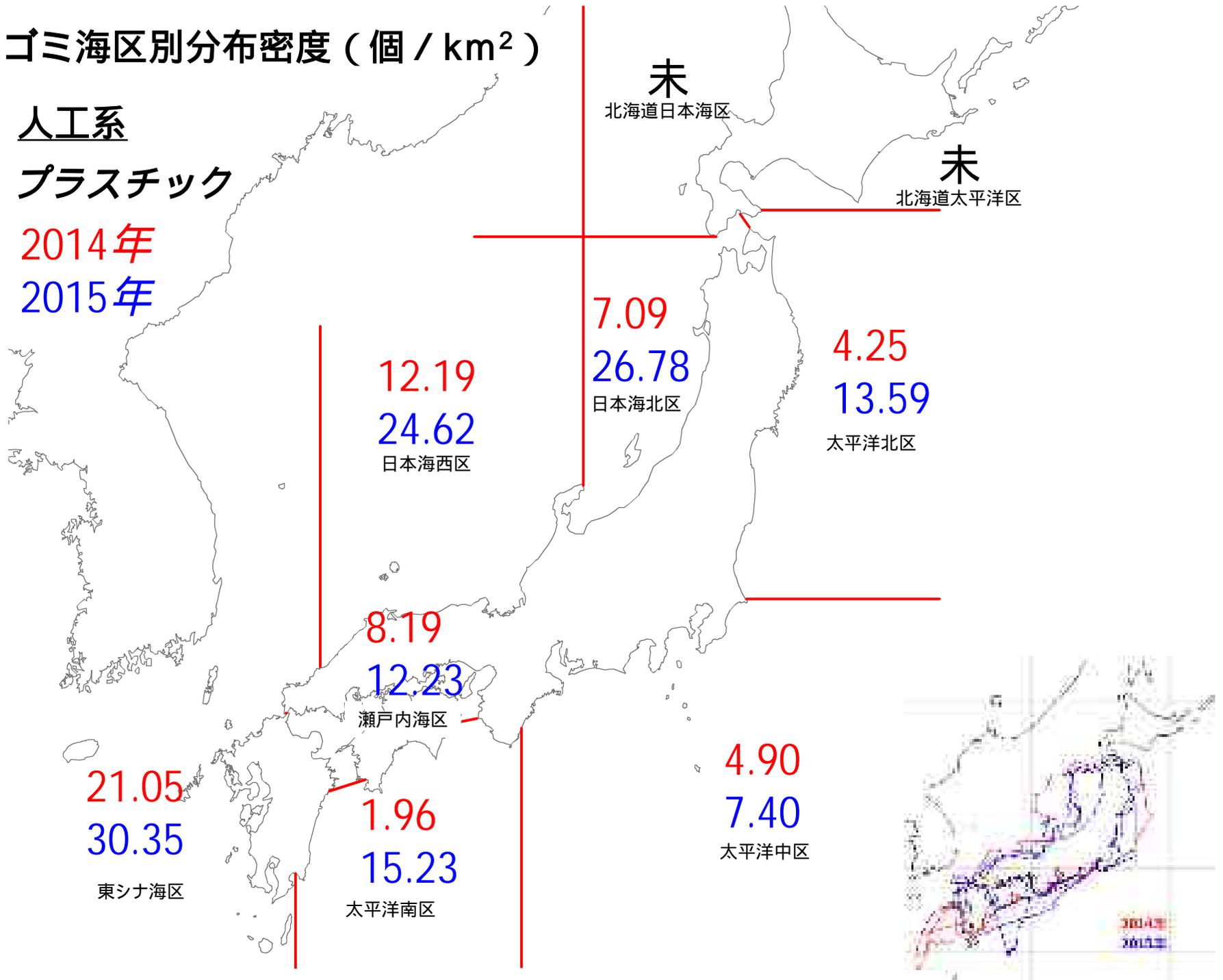
# 漂流ゴミ海区別分布密度 (個 / km<sup>2</sup>)

人工系

プラスチック

2014年

2015年



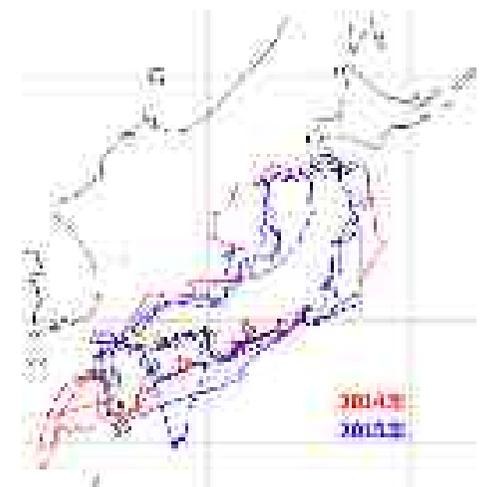
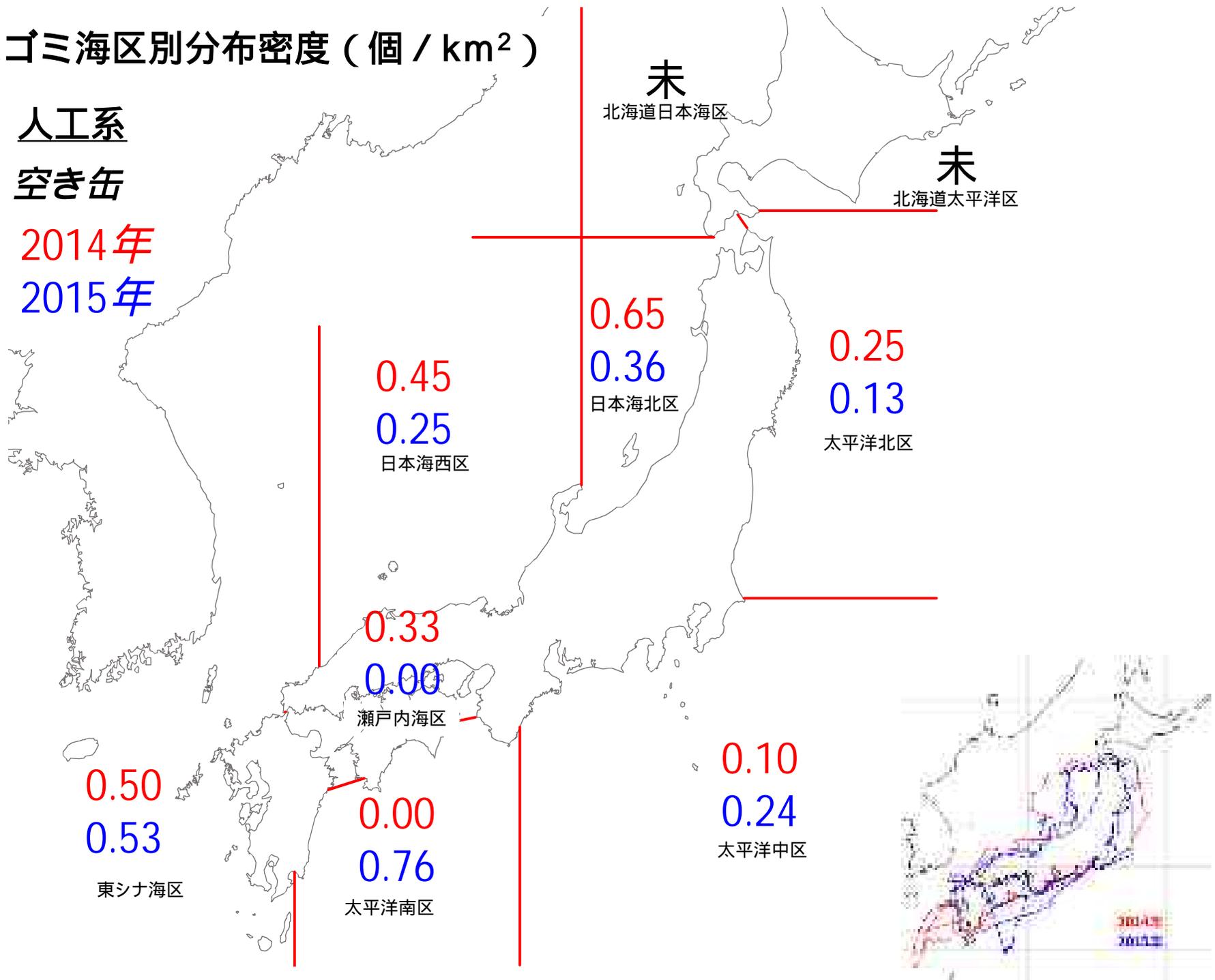
# 漂流ゴミ海区別分布密度 (個 / km<sup>2</sup>)

人工系

空き缶

2014年

2015年



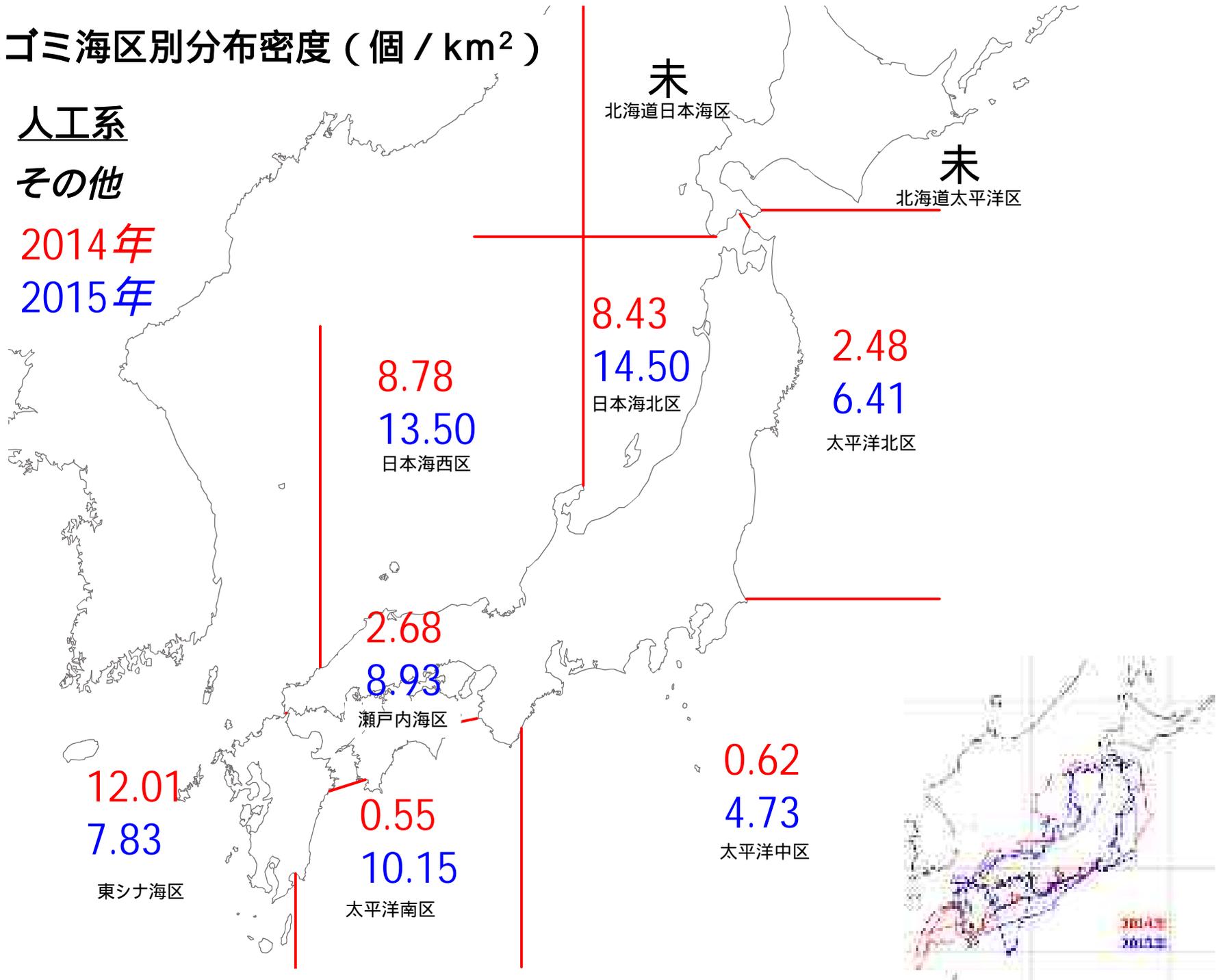
# 漂流ゴミ海区別分布密度 (個 / km<sup>2</sup>)

人工系

その他

2014年

2015年



# まとめ

人工的な漂流物は全体的な分布傾向として日本海側でかつ西よりに多い。

閉鎖的な海域で蓄積しやすい。発生源に近い。

同じ海区であっても、沖側と岸側ではその分布傾向が異なる。（沖側の方が密度が高い傾向）

夏季に調査を行ったため、南寄りの季節風で沖に流されていた？

季節を変えたモニタリングやデータ蓄積を継続しつつ、日本周辺のごみの量の推定や経年変化の監視を行う必要がある。