ることができない小さいスケールの流れの効果を表現する。本モデルでは、この効果を粒子の 水平方向のランダムな動きとして以下のようにモデル化している。

$$\begin{pmatrix} u_i^{rand \ diff} \\ v_i^{rand \ diff} \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{\Delta t}} \cdot \begin{pmatrix} R_i \cdot \cos(2\pi \cdot R_i) \cdot \sqrt{2 \cdot K_h} \\ R_i \cdot \sin(2\pi \cdot R_i) \cdot \sqrt{2 \cdot K_h} \end{pmatrix} - \dots$$
 (#C-3)

ここで、 R_i 、 R_i' は0から1の間で変動する独立した3つの乱数である。 K_h は水平拡散係数であり、Morales et al.(1997)²³の以下の式を用いた。

 $K_{h} = 10^{-4} \cdot (272.8 \cdot V_{s} + 21.1 \cdot V_{a}) - (\vec{x} - 4)$

ここで、 V_s は海表面での流速の絶対値、 V_a は風速である。

風圧流については、各国の海難救助・流出油対策に係わる機関が、実験・経験的な検討を行っている。その一般的な近似式は、次式で表わされる。



小田巻(1986)¹より引用

風圧係数は経験的に 0.02~0.04 程度の値となることが知られており、本業務では k=0.03 を用いた。

(2) 計算条件の設定

a. 流況及び風況データセット

上述したように海洋のゴミは流れと風によって運ばれるため、その漂流経路の計算には、流 況データ及び風況データが必要となる。文献及びヒアリング調査結果を基に、今回のシミュレ ーションに適切な流況及び風況のデータセットを選定した。

(a) 流況データセット

文献調査及び有識者ヒアリング調査の結果から、北太平洋スケールの漂流シミュレーション に使用する流況データセットを決定する。候補とした流況データセットは、表 3.3-1 に示す とおりである。 有識者へのヒアリングの結果、流況データセットの選定に際しては、海洋の渦を分解できる 空間分解能を有することが理想的であるとことであった。この観点から、1/12°の分解能が ある RIAMOM (RIAM Ocean Model:九州大学応用力学研究所)のアウトプットを使用すること とした。RIAMOM のアウトプットデータは、本検討会の尹検討員(九州大学応用力学研究所教 授)よりご提供いただいた。

データセット名	グリッドサイズ	データの特性
RIAMOM ⁾ アウトプット	1/6°	モデルアウトプット
(九州大学応用力学研究所)	1 /12°	気候値
JCOPE ¹⁾	1/4°	モデルアウトプット
(地球フロンティア) ²⁴	$1/12^\circ$ (one-way nesting)	データ同化あり
気象研究所のデータセット	1/3°	モデルアウトプット
(気象研究所)	$1/6^{\circ}$ (東経 115 $^{\circ}$ ~155 $^{\circ}$ 、	データ同化あり
	北緯 15°~50°)	
	(one-way nesting))	
OSCAR	NOAA 提供: 1°	人工衛星データ
(NOAA) ²⁰	NASA 提供: 1 ° 、 1 / 3 °	

表 3.3-1 流況データセットの候補

注 1) Japam Coastal Ocean Predictability Experiment

(b) 風況データセット

文献調査及び有識者ヒアリング調査の結果から、北太平洋スケールの漂流シミュレーション に使用する風況データセットを決定する。候補とした風況データセットは、表 3.3-2 に示す とおりである。

有識者へのヒアリングの結果、モデルアウトプットよりも実測された衛星データが望ましい とのことであった。この観点からは、下表のJ-OFURO或いはASCATデータが選定される。J-OFURO のデータ期間は 1999 年~2008 年であり、ASCAT は 2007 年~2010 年である。今回の漂流シミ ュレーションでは、平均的な漂着・集積状況を把握したいため、より長期のデータがあること が望ましい。よって、J-OFURO を使用することとした。

データセット名	グリッドサイズ	データの特性
GPV (GSM)	1/2°	モデル予報の再解析値
(気家厅)		
NRA1	2 5°	エデル予想の再留折値
(NCEP/NCAR) ²⁶	2. 5	モブルア報の再解彻値
NRA2	0 E°	エジェヌむの玉砌七店
(NCEP/DOE) ²⁶	2. 5	モテルア報の再解析値
JRA25 ¹⁾	1 °	エニッヌおの玉の七広
(気象研究所・電力中央研究所) ²⁷	I	モナルア報の再胜価値
ERA40	1 °	エニルヌおの市船北店
(ECMWF) ²⁸	I	モナルア報の再解例値
ERA-Interim	1 5°	エニッスおの市のた店
(ECMWF) ²⁹	1.0	モナルア報の再解析値
J-OFUR0	1 °	「「大街日」「「ち
(東海大学) ²¹	I	ヘエ阀生ナーダ
ASCAT データセット	1 / 1 °	トエ告日 ゴーク
(愛媛大学:磯辺(私信))	1/4	ヘエ開生ナーダ

表 3.3-2 風況データセットの候補

注 1)Japanese Re-Analysis 25 years

(c) 選定した流況及び風況データセット

以上の検討結果から、流況及び風況データセットを表 3.3-3に示すように選定した。

表	3.3–3	選定した流況及び風況データセット	•

項目	データセット	データの特性
流況	RIAMOM アウトプット	・モデルアウトプット
	(九州大学応用力学研究所)	・グリッドサイズ:1/6°、1/12°
		・25 年間積分(気候値を外力)の最終の5
		年間に対する月平均場
風況	J-0FUR0	・人工衛星データ
	(東海大学)	・グリッドサイズ:1°
		・2000 年~2008 年の月平均場

b. 計算領域及び計算期間

漂流計算の計算領域及び計算期間は、図 3.3-2及び表 3.3-4に示すとおりとした。



図 3.3-2 漂流計算の計算領域(範囲及び水深)

表	3.	3–4	漂流計算の計算条件
~			

項目	設定値	備考
計算領域	北緯O°~北緯 60°	図 3.3-2参照
	東経 117°~西経 75°	
グリッド分割	1°×1°	粒子追跡はグリッドに関係なし
計算期間	6年間	
計算時間間隔	5分	結果出力は1日単位

c. ごみの投入条件

文献調査及び有識者ヒアリング結果から、北太平洋においてごみ種類及び量に関する現地調 査結果に基づく投入条件を設定することは困難であることが分かった。そこで、下記の2ケー スのように、洋上及び沿岸にごみが一様に分布している投入条件でシミュレーションを実施し た。

(a) 北太平洋の洋上全域に一様配置

図 3.3-3 に示すように、北太平洋の洋上全域にごみを一様に配置した条件から計算を行う。 ごみの投入時期は、投入時期の季節的な違いが結果に影響することが想定されるため、最初の 1年間に毎月1日に投入した(図 3.3-4)。この条件によるシミュレーションを、以下「一様 分布からのシミュレーション」という。



図 3.3-3 海域一様に投入するケースのごみの初期分布



図 3.3-4 ごみの投入間隔(一様分布からのシミュレーション)

(b) 北太平洋沿岸に一様配置

図 3.3-5 に示すように、北太平洋の沿岸にごみを一様に配置した条件から計算を行う。ご みの投入方法は、沿岸からの日常的な流出を想定して、計算期間中に毎日継続して投入した(図 3.3-6)。この条件からのシミュレーションを、以下「沿岸から継続的に投入するシミュレーション」という。



図 3.3-5 沿岸の粒子の配置

継続的に投入(1日1個の投入頻度)

1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
1月1日に計	算開始				

図 3.3-6 ごみの投入間隔(沿岸から継続的に投入するシミュレーション)

d. 計算ケース

上記2種類の投入条件によるシミュレーションに対し、表 3.3-5 に示すようにそれぞれ3 種類の沈下率を設定し、表 3.3-6 に示す合計6ケースの計算を行った。

なお、沈下率は、漂流ごみの紫外線による劣化や波浪による物理的損傷等により、現実には 漂流中に時間変化すると考えられる。しかしながら、それら条件に関するデータがないこと、 本計算期間中は一定とすることでよいとの見解が検討会で得られたことから、本計算において は一定とした。

表 3.3-5 沈下率と想定するごみの種類の関係

沈下率 (海面上:海面下)	想定するごみの種類
0 : 1 (水中に没した状態)	流木、漁網、ライター(破損のない状態)
10 : 1	ペットボトル、プラスチック製のブイ、 ポリ容器
100:1 (ほぼ海面上にある状態)	発泡スチロール(ブイ、食品トレー)

表 3.3-6 計算ケース

計算ケース	ごみの投入条件	沈下率 (海面上:海面下)
ケース 1	①一様分布からのシミュレーション	0:1
ケース 2	・海域に一様分布(1°×1°間隔)	10: 1
ケース 3	・初めの1年間に毎月1回投入	100: 1
ケース 4	②沿岸から継続的に投入するシミュレーション	0:1
ケース 5	・沿岸メッシュに連続的に投入	10: 1
ケース6		100: 1

(3) 計算結果

a. 一様分布からのシミュレーション結果(ケース1~3)

(a) ケース 1

ケース1の1年ごとの計算結果を、図 3.3-7 に示す。計算開始から1年後の漂流ごみの分 布を見ると、最後の投入から1ヵ月経過した分布であるため、海域のほぼ全域にごみが漂流し ている。また、メキシコの南、北緯5°付近にごみが集まり始めている。

計算開始から2年後の分布を見ると、低緯度で漂流するごみが少なくなっている。また、北緯30°付近に漂流密度が高い領域が見え始めている。

計算開始から3年後の分布を見ると、高緯度で漂流するごみも少なくなっている。また、漂 流密度が高い領域がより明瞭になっている。西側よりも東側で漂流密度は高くなっている。 計算開始から4~6年後の分布を見ると、時間が経つにつれて漂流ごみの集積域がより明瞭 になっている。最も漂流ごみの密度が高い海域は、北太平洋の東側の海域で、亜熱帯収束域 (Subtropical Convergence)と呼ばれる海域である。日本近海にも漂流密度が高い海域があ るが、太平洋中央部では漂流密度は高くなかった。

次に、漂着密度の分布を見ると、時間が経つにつれて漂着密度が高くなっており、特に、北 緯 20~30°で漂流密度が高い海域に位置する島々の漂着密度が高くなっている。ハワイ諸島 等、低緯度に位置する島々では、計算開始から2年間は漂着数が多くなるが、それ以降の変化 は小さかった。

(b) ケース 2

ケース2の1年ごとの計算結果を、図 3.3-8 に示す。ケース2は風圧流の効果が入ってい るため、計算開始から1年後の計算結果は、ケース1とは大きく異なる。日本付近は北西の季 節風が強いため、投入したごみは日本付近から南東の方向へ離れていく。北緯10°付近では、 風の収束帯があるため(図 3.3-34 参照)、ごみが帯状に集積している。この位置は、気象学 で熱帯収束帯(ITCZ: Iinter- Tropical Convergence Zone)と呼ばれる風の収束帯に対応し ている。時間の経過とともにごみの漂流している海域は限られていき、計算開始から6年後に は北緯10°付近と北緯20~40°付近に限定される。特に風の収束帯がある10°付近の漂流密 度が高い。

漂着密度の分布もケース1とは大きく異なり、フィリピンの東海岸、北アメリカの東海岸、 ハワイ諸島等で多くなっている。

(c) ケース 3

ケース3の1年ごとの計算結果を、図 3.3-9 に示す。ケース3は、漂流するごみの分布傾向がケース2と似ているが、漂着までに要する時間がケース2よりも短く、計算開始から4年後には漂流しているごみはほとんど見られない。ケース2では計算開始から6年後まで見られた北緯 10°付近の熱帯収束帯に対応したごみの帯状の集積も、1年後まで見られているが、2年後以降は漂着及び境界からの流出によるごみの漂流個数の減少に伴い見られなくなっている。

漂着密度の高い場所は、ケース2と同様の傾向が見られる。







図 3.3-7(1) 漂流計算結果 (ケース1、計算開始から1年後)







図 3.3-7(2) 漂流計算結果 (ケース1、計算開始から2年後)







図 3.3-7(3) 漂流計算結果 (ケース1、計算開始から3年後)







図 3.3-7(4) 漂流計算結果 (ケース1、計算開始から4年後)







図 3.3-7(5) 漂流計算結果 (ケース1、計算開始から5年後)







図 3.3-7(6) 漂流計算結果 (ケース1、計算開始から6年後)







図 3.3-8(1) 漂流計算結果 (ケース2、計算開始から1年後)







図 3.3-8(2) 漂流計算結果 (ケース2、計算開始から2年後)







図 3.3-8(3) 漂流計算結果 (ケース2、計算開始から3年後)





漂着密度分布(1°×1°内のごみの個数) 150° 210° 240° 270° 120° 180° 60° 05/01/01 1000 800 2.1 600 400 200 C 30° 0

図 3.3-8(4) 漂流計算結果 (ケース2、計算開始から4年後)



図 3.3-8(5) 漂流計算結果 (ケース2、計算開始から5年後)







図 3.3-8(6) 漂流計算結果 (ケース2、計算開始から6年後)