# アンモニア燃料船への安全かつ円滑なバンカリングの実施に向けた検討委員会

# 漏洩シミュレーションに使用する 条件の整理

MOLマリン&エンジニアリング株式会社

1. 拡散シミュレーションの実施 1	L
1.1 目的	Ĺ
1.2 検討方法 1	Ĺ
1.3 シミュレーションの実施方法 1	L
2. 船舶の前提条件 2	2
2.1 対象船舶 2	2
2.2 対象岸壁及び係留計画 5	5
2.3 二船間の防舷材	3
2.4 二船間の係留想定	7
3. 外力条件 10	)
4. 漏洩シナリオ 11	L
5. シミュレーションケース 12	2
5.1 船舶の条件(載荷状態)を踏まえたケースの選定15	5
5.2 外力条件を踏まえたケースの選定15	5
5.3 漏洩シナリオを踏まえたケースの選定16	3
6.評価基準及び評価方法17	7
6.1 評価基準	7
6.2 評価方法	7
6.3 数値シミュレーションの方法 17	7
6.3.1 数値流体解析ソフトウェアの概要17	7
6.3.2 計算対象及び計算条件18	3

# 目 次

# 1. 拡散シミュレーションの実施

1.1 目的

第1回~第3回「アンモニア燃料船への安全かつ円滑なバンカリングの実施に向けた検 討委員会」(以下、「検討会」と示す。)において、設備要件及び漏洩シナリオについ ての検討を行った。第4回検討会では、事故防止対策の考え方について審議を行い、区域 とゾーンを設定すること及びその設定方針について確認した。区域については、危険区 域及び管理区域とし、事前に範囲及びその距離を設定する方針としている。資料5-2の方 針に従って、「ゾーン」については「アンモニアガス濃度帯」と置き換えて表記するこ ととした。

本業務では、危険区域及び管理区域の範囲を検討するために選定された漏洩シナリオ について拡散シミュレーションを実施するにあたり、必要な前提条件を整理することを 目的とする。

## 1.2 検討方法

はじめに、「天然ガス燃料船に関する総合対策検討委員会」、「LNG バンカリングガイ ドライン改訂に向けた検討委員会」及び「LNG 燃料の夜間・錨泊中のバンカリング実施 に向けた検討委員会」(以下、「LNG バンカリング検討会」と示す。)の調査内容・結果 を整理し、対象船舶及び係留想定図を設定する。次に、外力条件については、LNG バン カリング検討会での条件及び第1~3回検討会で得られた内容を参考とし条件整理を行 う。

第4回検討会にて選定された漏洩シナリオケースの条件整理を行い、シミュレーショ ンンケースを選定する。

シミュレーションを実施・解析し、区域の設定範囲及び事故発生時の各濃度帯範囲の 例示の検討のための資料を作成する。

- 船舶の前提条件の整理
- ② 外力条件の整理
- ③ 漏洩シナリオの整理
- ④ シミュレーションケースの選定
- ⑤ シミュレーションの実施及び評価

#### 1.3 シミュレーションの実施方法

数値流体力学を用いたシミュレーションソフトにより計算を行う。

2. 船舶の前提条件

#### 2.1 対象船舶

「LNG バンカリング検討会」で用いられた対象船舶を参考とし、アンモニア燃料船及 びアンモニアバンカー船を設定する。

① アンモニア燃料船

「LNG バンカリング検討会」では、VLCC と PCC が天然ガス燃料船の対象船舶に 設定されていた。選定の観点として①乾舷、②受風面積の2点が挙げられていた。 乾舷については、移送ホースなどの設備の取り回しを含む運用作業において乾舷 高さが重要な要素となり得ること、Ship to Ship 方式の場合に二船の乾舷差によ ってホースへの荷重が変わることが理由として挙げられていた。受風面積につい ては、風の影響を受けやすくなること、その結果運用条件が厳しいものになるこ とが理由として挙げられていた。したがって、代表的な各船型において、載貨状 態による乾舷差が最も大きい VLCC、受風面積が大きい PCC が選定されていた。

第4回検討会では、事故防止対策の考え方について審議され、アンモニア漏洩の 発生有無を問わず、立ち入りを原則禁止もしくは制限する「区域」を設定する方 針とした。アンモニアバンカリングでは、「LNG バンカリング検討会」の観点に 加えて、区域の考え方についても考慮し、対象船舶を選定することとした。

ここで、拡散シミュレーション実施の目的として、アンモニアガスの拡散範囲 を求め、その結果を用いて先に述べた区域の設定をすることとなる。一般人の立 ち入りを制限する管理区域については、陸上側に設定することが想定されるた め、一般人の立ち入りの観点から対象船舶を選定することが望ましいと考えられ る。「LNG バンカリング検討会」における対象船舶の内、VLCC については、着岸 が想定されるバースは危険物専用岸壁が一般的であるとの理解である。一方、PCC については公共岸壁に着岸する事例もあることから、今回の対象船舶として PCC を設定することとした。「LNG バンカリング検討会」を参考に一般的な外航 PCC として総トン数6万トン級の PCC を設定した。当該対象船舶の諸元を表2.1-1に示 す。

参考に、「LNG バンカリング検討会」で用いられた PCC の概要図及び燃料用マ ニホールドの想定を図2.1-1に示す。

諸元	アンモニ	ア燃料船
船型モデル	総トン数67	テトン級 PCC
全長 (m)	199.	950
垂線間長 (m)	190.	000
型幅 (m)	32	. 2
型深 (m)	34	. 2
夏季最大満載喫水(m)	9.	80
標準バラスト状態	船首	船尾
入港時喫水(m)	7.40	7.92

表2.1-1 対象船舶の諸元



出典:「天然ガス燃料船に関する総合対策検討委員会」報告書 図2.1-1 概要図及び燃料用マニホールドの想定

② アンモニアバンカー船

LNG バンカー船については、「天然ガス燃料船に関する総合対策検討委員会」 時は実績船がないため、当時想定されていたバンカー専用設計船と内航 LNG 相当 船が検討対象とされた。その後、バンカー船が竣工したため、「LNG バンカリン グガイドライン改訂に向けた検討委員会」及び「LNG 燃料の夜間・錨泊中のバン カリング実施に向けた検討委員会」ではバンカー実績船が対象船舶に追加され た。また、燃料船への着舷時は移送前の状態であるため、満載状態が設定されて いた。

今回は、すでに運航開始されている LNG バンカー実績船を参考とする。「港湾 の施設の技術上の基準」(平成30年)に示される「対象船舶の主要な諸元の標準 値」を参考とし、LNG バンカー実績船に全長に近い船型として載貨重量トン数 2,000トンタンカーが該当した。当該載貨重量では多くの船型が総トン数749型に 分類されていたため、当該船型を引用し、要目を設定した。対象船舶の諸元を表 2.1-2に示す。

諸元	LNG バンカー実績船	アンモニア	バンカー船	
船型モデル		総トン数749トン型		
全長 (m)		81.50		
垂線間長 (m)	76	74.40		
型幅 (m)	18	13.80		
型深(m)	18	7.84		
夏季最大満載喫水(m)	4.8	4. 683		
標準バラスト状態		船首	船尾	
入港時喫水(m)		2. 37 3. 72		

表2.1-2 対象船舶の諸元

# 2.2 対象岸壁及び係留計画

「2.1 対象船舶」で示した PCC が係留する岸壁の条件を整理する。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成30年5月)」において岸壁の天端高設定に 係る記載がある。対象船舶が特定できない場合における標準的な天端高として表2.2-1 の値が示されている。今回は外航 PCC が着岸するモデル港を設定し、その潮位を表2.2-2に示す。潮位差は3.0m 未満となるため、天端高(朔望平均満潮面基準)は+1.0~2.0m と推定される。天端高は朔望平均満潮面(各月の最高満潮面を平均した水面)を基準と されている。今回は仮に天端高を+1.5m とすると、平均水面の場合、水面から天端まで の高さは2.628m となる。

「LNG バンカリング検討会」では、サイドポートドアが右舷に装備されることが多い という理由から岸壁着岸舷は右舷付けとされていた。また、岸壁〜天然ガス燃料船間に は V 字型フェンダー(V-600H×2,500L)が設置されていた。「LNG バンカリング検討会」 で示された係船配置例を図2.2-1に示す。

今回は、PCC の荷役方法を考慮し、岸壁に右舷着けで着岸中であることを想定する。 フェンダーについては、「LNG バンカリング検討会」にて用いられたものを設定する。 図2.2-2に示す通り、フェンダーの諸元の内、H部分が岸壁~PCC間の離隔となるため、 その離隔は600mmとなる。岸壁~PCC間の係留について、索の仕様は今回のシミュレーシ ョン結果に直接影響を及ぼさないと考えられるため、索による動きについては考慮しな い。

	潮位差3.0m以上	潮位差3.0m 未満
大型岸壁(水深4.5m以上)	$+0.5 \sim 1.5 m$	$+1.0\sim 2.0 m$
小型岸壁(水深4.5m 未満)	$+0.3 \sim 1.0 m$	$+0.5 \sim 1.5 m$

表2.2-1 岸壁の標準的な天端高

引用:「港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成30年5月)」から作成

岸壁前水深(m)	10
朔望平均満潮面(m)	+1.935
平均水面 (m)	+1.128
朔望平均干潮面(m)	+0.022



出典:「天然ガス燃料船に関する総合対策検討委員会」報告書 図2.2-1 岸壁~PCC 間の係船配置



出典:シバタ工業㈱HP

図2.2-2 V字型フェンダーの諸元の例

# 2.3 二船間の防舷材

検討の対象とするバンカリング方式は、Ship to Ship 方式とする。「2.2 対象岸壁及 び係留計画」に示す岸壁係留中の PCC にアンモニアバンカー船は係留しているものとす る。二船間には「LNG バンカリング検討会」と同様に直径3.3m(周囲に厚さ0.3mのタイ ヤを巻くことで、見かけ上の外径は3.9mとする)、長さ6.5mのフェンダーが4基設置さ れていることを想定する。

## 2.4 二船間の係留想定

図2.4-1及び図2.4-2に「LNG バンカリング検討会」での PCC~LNG バンカー船の係船配 置例を示す。天然ガス燃料船の着岸舷(右舷付け)に合わせ、LNG バンカー船も右舷付 けを基本としていた。ただし、航行安全対策を検討する上では、LNG バンカー船の接舷 方向は、その時の風向等によって変更される可能性があることから左舷付けも検討対象 とされていた。アンモニアバンカー船についても、右舷着け・左舷着け両方が考えられ る。

バンカリングステーションの船体位置については、「天然ガス燃料船に関する総合対 策検討委員会」時は実績船がないため両船の船体中央が設定(図2.4-1)された。「LNG バ ンカリングガイドライン改訂に向けた検討委員会」及び「LNG 燃料の夜間・錨泊中のバ ンカリング実施に向けた検討委員会」では PCC については既存船のマニホールド位置、 LNG バンカー船については船体中央がマニホールド位置として設定(図2.4-2)された。今 回は、既存のアンモニア燃料 PCC またはアンモニアバンカー船の情報が不確実であるた め、両船の船体中央にマニホールド位置があると仮定し、設定する。

両船の載荷状態については、「LNG バンカリング検討会」では、PCC はバラスト状態、 LNG バンカー船は載荷状態が設定されていた。

PCC~アンモニアバンカー船に想定される係留想定を図2.4-3に、想定される両船の載 荷状態のイメージを図2.4-4~図2.4-5に示す。ここで、索の仕様は今回のシミュレーシ ョン結果に直接影響を及ぼさないと考えられるため、索による動きについては考慮しな いこととする。



出典:「天然ガス燃料船に関する総合対策検討委員会」報告書 図2.4-1 PCC~LNG バンカー船の係船配置



出典:「LNG 燃料の夜間・錨泊中のバンカリング実施に向けた検討委員会」報告書 図2.4-2 PCC~LNG バンカー船の係船配置



図2.4-3 PCC~アンモニアバンカー船の係船配置



図2.4-4 PCC~アンモニアバンカー船の載荷状態のイメージ



図2.4-5 PCC~アンモニアバンカー船の載荷状態のイメージ

# 3. 外力条件

第3回検討会での質疑応答で、二船の船体真横から風が流れてくる場合についての議 論が行われた。この場合、2つに物体の間で渦のような現象が起きて、ガスがその空間 の中に滞留するような結果が想定されるとし、そのような場合は解析については数値 流体力学 (CFD) 計算を行う必要があるとの発言がなされた。昨年度は Phast を用いて風 向を考慮せずに拡散シミュレーションを実施した。今年度は、二船間の現象について も解析を行うべく数値流体力学 (CFD) 計算を行うこととし、風向については次の条件を 採用する。

- ① 二船の船体正横方向から
- ② PCCの船首方向から

他気象条件については、昨年度からの条件の変更はなく、大気温度や水温は20℃、相 対湿度70%とする。各風速に対する大気安定度として次の条件を想定する。

 穏やかな条件 風速:2m/s

大気安定度:F(安定)

② 強風時
風速:10m/s
大気安定度:A(不安定)

# 4. 漏洩シナリオ

第4回検討会において、昨年度選定したケースのうち、ケース7(ID207)を対象とする ことを確認した。ケース7のシナリオを表4-1に、概要図を図4-1に示す。

構成要素	ERC
漏洩シナリオ	ERC を緊急作動し、アンモニアが海面に少量漏洩する。
原因	C1 (仕様)
既存の対策	対策なし。現在アンモニアバンカリング用の ERC として漏洩量を最小
	化する製品の開発が行われている。
推定頻度	$1.00  imes 10^{-3}$
推定漏洩量	既存の LNG 燃料船のバンカリングに用いられる ERC の仕様を参照し、4
	リットルとする。液体アンモニア配管が2系統、アンモニアガス配管が
	1系統あるとする。
	液体アンモニア8リットル (重量換算5.45kg)、アンモニアガス4リット
	ルが漏洩するものとする。ただし、全漏洩量に占めるアンモニアガス量
	は無視できる程度であるため、海水面上に拡がる液体アンモニアの液
	だまりから蒸発するアンモニアガスを対象にシミュレーションを実施
	する。

表4-1 ケース7シナリオ



出典:第2回検討会資料



# 5.シミュレーションケース

各条件を網羅的に設定したシミュレーションケースを表5.1及び表5.2に示す。表 5.1には、アンモニアバンカー船がPCCに対して右舷着けで着岸する場合、表5.2には、 アンモニアバンカー船がPCCに対して左舷着けで着岸する場合を示す。

この中から「5.1 船舶の条件(載荷状態)を踏まえたケースの選定」~「5.2 外力条件を 踏まえたケースの選定」の検討内容を踏まえ、実施するシミュレーションケースを選定す る。

N	シナリオ	載荷	状態	バンカー船		外力条件	
NO.	ケース	PCC	バンカー船	の着船舷	風向	風速	大気安定度
1		空載	空載				
2		空載	満載		正靈		
3		満載	空載		正囲		
4		満載	満載			2m/a	F (字字)
5		空載	空載			2111/ 5	下(女定)
6		空載	満載		工構		
7		満載	空載		山傾		
8		満載	満載				
9		空載	空載				
10		空載	満載		正面		
11		満載	空載		ואן בער		
12		満載	満載			10m/s	( ( 不 史 宁 )
13		空載	空載			1011/ 5	n (TQL)
14		空載	満載		正構		
15		満載	空載		正預		
16	7	満載	満載	右舷			
17		空載	空載	лц лд			
18		空載	満載		正面		
19		満載	空載				
20		満載	満載			2m/s	F (安定)
21		空載	空載			2117 5	
22		空載	満載		正構		
23		満載	空載		ΞĶ		
24		満載	満載				
25		空載	空載				
26		空載	満載		正面		
27		満載	空載		ш		
28		満載	満載			10m/s	A (不安定)
29		空載	空載			20m/ U	
30		空載	満載		正構		
31		満載	空載				
32		満載	満載				

表5.3-1 シミュレーションケース (バンカー船が右舷着けのケース)

※オレンジ網掛け部は満載状態を示す。

	シナリオ	載荷	状態	バンカー船		外力条件	
No.	ケース	PCC	バンカー船	の着船舷	風向	風速	大気安定度
1		空載	空載				
2		空載	満載		<b>TT</b>		
3		満載	空載		正囲		
4		満載	満載			2m / a	F (字字)
5		空載	空載			Zm/ s	F (女疋)
6		空載	満載		工性		
7		満載	空載		止傾		
8		満載	満載				
9		空載	空載				
10		空載	満載		正面		
11		満載	空載		山山		
12		満載	満載			10m/c	
13		空載	空載			1011/5	A (个女足)
14		空載	満載		工構		
15		満載	空載		止傾		
16	7	満載	満載	左舷			
17	1	空載	空載	/ <u>1</u> . ЛА			
18		空載	満載		正面		
19		満載	空載		Ш, Ш,		
20		満載	満載			0. /	F (忠学)
21		空載	空載			2111/ 5	下(女定)
22		空載	満載		工性		
23		満載	空載		山傾		
24		満載	満載				
25		空載	空載				
26		空載	満載		TH		
27		満載	空載		正圃		
28		満載	満載			10m / a	( ( 不空空 )
29		空載	空載			lum/s	A (小女化)
30		空載	満載				
31		満載	空載		止傾		
32		満載	満載				

表5.3-2 シミュレーションケース (ケース7・バンカー船が左舷着けのケース)

※オレンジ網掛け部は満載状態を示す。

# 5.1 船舶の条件(載荷状態)を踏まえたケースの選定

「4.漏洩シナリオ」で示したシナリオでは二船間への漏洩を対象としているため、 二船の載荷状態によって構造物の位置関係が変化し、拡散範囲が異なる結果となるこ とも考え得る。

二船の船体正横方向からの風(海側→陸側)を受ける場合、漏洩源から陸側にアン モニアガスが流れていく。その場合、遮蔽物が少ない方が拡散の範囲が広がることが 想定されるため、PCCは乾舷が低い満載状態を設定する。アンモニアバンカー船につい ても乾舷が低いことで遮蔽物が少なく、風の影響を受けやすいことが想定されるた め、満載状態を設定する。二船に設定する喫水を表5.1-1に示す。

マニホールドポジションを船体中央に設定しているため、アンモニアバンカー船の 船首方向の違いによって当該位置における断面の違いはないとの理解である。よっ て、拡散範囲への影響はほとんどないことが想定されるため、アンモニアバンカー船 の着船舷は、「LNGバンカリング検討会」において基本配置とされている右舷着けを設 定する。

諸元	アンモニア燃料船	アンモニアバンカー船
船型モデル	総トン数6万トン級 PCC	総トン数749トン型
夏季満載喫水(m)	9.80	4.683

表5.1-1 喫水の設定値

#### 5.2 外力条件を踏まえたケースの選定

昨年度シミュレーション実施時に設定した外力条件については、3章に示す通り、穏 やかな条件(風速2m/s)と強風時(風速10m/s)の2種類とした。シミュレーション結 果としては、強風時(風速10m/s)よりも穏やかな条件(風速2m/s)の方がアンモニア の海水への溶解率が低く、最大プール半径は広い結果となった。また、各AEGL値の最 大到達距離についても穏やかな条件(風速2m/s)の方が広い範囲となる結果であった。

ここで、管理区域の設定を目的とする場合、陸側への拡散範囲がより大きい条件を 設定することが望ましいと考えられる。危険区域の設定を目的とする場合、PCCの船体 付近において高濃度のアンモニアガスが長い時間滞留する条件を設定することが望 ましいと考えられる。よって、二船の船体正横方向からの風については、ガスが滞留 するとの知見もあるため、穏やかな条件(風速2m/s)及び強風時(風速10m/s)の2種 を設定する事が望ましいと考える。

PCCの船首方向からの風については、昨年度シミュレーション結果であるPhastで求められた結果から大きな差が生じることはないとの見解があったため、昨年度の解析結果を代用する。

# 5.3 漏洩シナリオを踏まえたケースの選定

「5.1 船舶の条件(載荷状態)を踏まえたケースの選定」~「5.2 外力条件を踏ま えたケースの選定」の検討内容を踏まえて選定したシミュレーションケースを表5.3-1に示す。

No	シナリオ	載荷	状態	バンカー船		気象条件	
NO.	ケース	PCC	バンカー船	の着船舷	風向	風速	大気安定度
1	k. 77	本书	本书	一向去	工体	2m/s	F (安定)
2	<i>リース</i> (	何耿	何耿	石加公	止傾	10 m/s	A(不安定)

表5.3-1 選定されたシミュレーションケース

# 6. 評価基準及び評価方法

#### 6.1 評価基準

設定された条件下でシミュレーションを実施し、アンモニアの拡散解析を行う。 基準としては下記2点とする。

- 管理区域の設定を目的とした基準 対象:アンモニアガス(濃度25ppm) 基準: 10分以上継続する範囲
- ② 事故発生時の各濃度帯の範囲を例示することを目的とした基準 対象:アンモニアガス(濃度25ppm、220ppm、2,700ppm)
  基準:最大到達距離

## 6.2 評価方法

「6.1 評価基準」で示した基準を用いて解析結果を評価し、下記項目の検討の参考 とする。

- 管理区域の範囲
- ② 事故発生時の各濃度帯範囲の例示

# 6.3 数値シミュレーションの方法

# 6.3.1 数値流体解析ソフトウェアの概要

アンモニアガスの移流拡散解析に、株式会社計算流体力学研究所が開発した汎用流体解析ソフトウェア「Nagare」を用いた。これは、数値流体力学(Computational Fluid Dynamics; CFD)技術に基づくソフトウェアであり、流体力学の基礎方程式を数値的に解くため、昨年度のシミュレーションで使用した DNV Phast のような近似解析解に基づくモデルとは異なり、船舶が存在することによる気流場への影響を考慮することができる。「Nagare」の概要を表6.3.1-1に示す。

なお、「Nagare」を用いてこれまで多数の研究例<sup>[1-3]</sup>が実施されており、十分に検証 されているソフトウェアである。

- [1] A.M. Bethancourt L. and M. Egami, Parallel Computation of Compressible Multi-Fluid Flow, 数理解析研究所講究録, 第1724卷, 2011, pp.167-175.
- [2] S. Komurasaki, K. Kuwahara and T. Kawamura, Simulation of a Double Diffusive Convection for Salt Fingers and Formation of Uniform-Density Layer, AIAA 2008-575.
- [3] J. Ooida and K. Kuwahara, Implicit LES of Turbulence Generated by a Lattice, AIAA 2003-4097.

	・連続の式
	・Navier-Stokes 方程式
基礎方程式:	・物質濃度の移流拡散方程式
	・エネルギー方程式
	・状態方程式
方程式系の離散化手法:	有限体積法
時間積分法:	2次精度予測子修正子法
対流項の離散化手法:	3次精度風上差分法(河村・桑原スキーム)
その他の項に対する離散化手法:	2次精度中心差分法
圧力方程式の解法:	Full Multigrid 法
乱流モデル:	なし(陰的ラージ・エディ・シミュレーション)
計算格子:	スタッガード格子
並列計算法:	Message Passing Interface を用いた領域分割法

表6.3.1-1 流体解析ソフトウェア「Nagare」の概要

#### 6.3.2 計算対象及び計算条件

計算領域と計算格子を図6.3.2-1に示す。事前の試計算結果を踏まえ、計算に要す る時間を考慮して計算領域を設定した。海水面上のPCC中心点を計算領域の原点と し、気流方向(x方向)に2,000 m、それに直交する方向(y方向)に800 m、鉛直方向 (z方向)に180 mとし、海水面上(z = 0 m)に漏洩したアンモニア液だまりの中心点 を(x, y) = (-18.0 m, -26.0 m)に設定した。計算格子については、気流の変化が大 きいPCC及びバンカー船の停泊位置近傍ならびに速度境界層に影響を与える陸地近傍 を密に設定し、計算格子幅を1mとした。総計算格子数は、約2,200万点(448×384× 128=22,020,096)である。また、最小の計算格子幅が1 mであることから、PCC及びバ ンカー船については甲板上の構造物等を省略し、簡略化した形状モデルとした。二 船が岸壁に沿って配置されている様子を図6.3.2-2に示す。二船間の海水面上におけ る赤い矩形部分がアンモニア液だまりを表している。

次に、計算条件を表6.3.2-1に示す。計算格子幅の制約から、海面上に漏洩したア ンモニア液だまりを一辺2mの正方形領域(計算セル4個分)として固定し、昨年度実 施したDNV Phastの結果と一致するようにアンモニアガスの蒸発速度を与えた。





図6.3.2-2 PCC 及びバンカー船の形状モデルとアンモニア液だまりの位置

アンモニア放出源	
放出量及び放出速度:	昨年度実施した DNV Phast の結果を採用。
放出時間:	気流の流入から 75 秒後に蒸発ガスの発生開始。
	・大気安定度 A の場合 26.98 秒間
	・大気安定度 F の場合 67.52 秒間
放出源面積:	4 m <sup>2</sup> (一辺 2 m の正方形領域)
気流の流入条件	
流入境界面:	海側境界面 (x = -184 m)
	モーニン-オブコフの相似則から決定。
気流の鉛直分布:	・大気安定度 A の場合 10 m/s(z = 10 m)
	・大気安定度 F の場合 2 m/s (z = 10 m)
気流の向き:	海側から陸側
海面粗度:	0.0002 m
湿度:	70 %
その他の速度境界条件	
海面 (z=0m) 及び地面 (z=3m):	滑りなし条件
	滑りなし条件
計算領域側面 (y=±400 m):	滑り条件
計算領域上面 (z=180 m):	滑り条件
流出面( <del>x =1816 m</del> ):	ゾンマーフェルト放射条件

表 6.3.2-1 計算条件