

冷排水による水中噴流特性の研究

東海大学大学院
東海大学海洋学部 正会員
中部電力(株) 正会員
(株)大星測量設計
大府市役所

加藤英樹
和田 明
服部孝之
川島祐二
深谷一紀

1. はじめに

液化天然ガス（LNG）は、約-160℃の液体状態であり、使用に当っては海水によって気化される。このときに取水温度より約4℃低い冷排水が生じる。この冷排水を海域に直接放出する場合は、前面水域の自然環境に何らかの影響を及ぼすことが懸念される。この影響を最小限にするには、冷排水が前面水域において海水と速やかに混合希釈され自然環境水温との温度差を有する水域をできるだけ狭くする必要がある。本研究では、冷排水における水中放流実験を実施し、放水口角度（ θ ）と放出内部フルード数（ Fr_o ）をそれぞれ変化させた場合、噴流の混合希釈特性にどのように影響を与えるか比較、検討したものである。

2. 実験装置及び実験方法

実験装置は、図-1 に示す様に幅:2m 高さ:1m、長さ:11.3m の二次元水槽を使用し、主に冷水供給装置・流量計からなる給水装置及び水槽内の水位を一定に保持するために設けた取水装置から構成されている。模型縮尺はフルードの相似則に基づいて1/50とした。

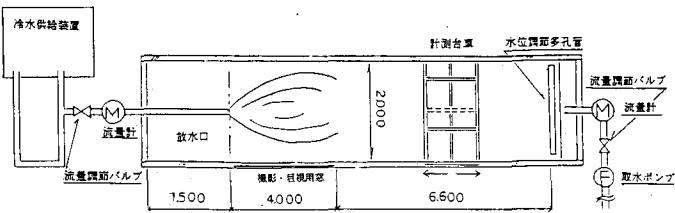


図-1 実験装置概要図

実験条件として、放水口前面では、流れのない静止水域であり、密度成層のない一様密度場であること。水槽内の周囲環境水温は20℃前後で、取放水温度差 $\Delta T_o = -4^\circ\text{C}$ とした。

放流方式は、図-2 に示す様に1本の放水管による水中放流方式とし放水口設置水深を水面より20cmで行った。

今回の実験ケースを表1に示す。

表-1 実験ケース（模型値）

CASE NO.	Q (cc/s)	H1 (cm)	θ (°)	D (cm)	H2 (cm)	H (cm)	U_o (cm/s)	Fr_o	$Re_o \times 10^4$
B-1	177.6	20.0	5	2.0	3.7	23.7	56.1	46.6	4.6
C-1			10	2.0	5.5	25.5	56.1	46.6	4.6
C-2				3.0	8.2	28.2	25.0	17.0	3.1
C-3				4.0	10.9	30.9	14.1	8.3	2.3
D-1			15	2.0	7.2	27.2	56.1	17.0	4.6

3. 実験結果と考察

図-3 は、 θ を10°と一定にし、 Fr_o を変化させたときの水温低減率を示す。

Fr_o が、8.3、17.0、46.6 と大きくなるにつれて低減率が良くなっていることが分かる。これは、「冷排水噴流の希釈は周囲の連行加入量によって支配され、その希釈倍率は水深と放水口管径との比及び内部フルード数に依存する。」という既往の研究結果と一致する。

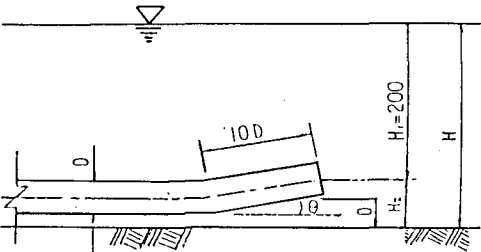


図-2 放水管と水深の関係

図-4は Fr_o を46.6と一定にし、 θ を変化させたときの水温低減率を示す。 θ が5, 10, 15°と大きくなるにつれて低減率が良くなっていることが分かる。これは、 θ が大きい程、噴流が底面に到達するまでの時間が長くなり、その結果、連行水の加入が促進されるためと考えられる。

図-5は、 θ を10°と一定にし、 Fr_o を変化させたときの水温測定の際の噴流経路を示す。この図は、流下距離の各測点における水温低減の最大値の座標を決め、最小2乗法によって3次式の回帰曲線を表したものである。図から、内部フルード数の大きさによって噴流の下降する位置が異なることが分かる。 Fr_o が8.3, 17.0, 46.6と大きくなるにつれて噴流は、表層に向かい水平方向に伸びている。そのため、周囲水との連行加入量が増加し稀釈がより行われたといえる。

4. まとめ

混合稀釈特性は、 θ 及び Fr_o が大きいときに高い稀釈が得られる。しかし、 $Fr_o=46.6$ 、 $\theta=15^\circ$ の場合、 $\theta=5^\circ$ 、 10° に比べて効果的な稀釈が得られるが、この場合の噴流は、その運動量が負の浮力より勝り噴流が水面に達するため、海面変動が発生すると予想される。又、 $\theta=5^\circ$ の場合、噴流は放水と同時に下降し底面に広がり、海底微生物に影響を与える恐れがある。このことから、海域環境を考慮すれば、本実験では $\theta=10^\circ$ 、 $Fr_o=46.6$ のときに効果的な混合稀釈が期待できることが明かとなった。

参考文献

片野尚明・河村博美・和田明・鈴木慶一・田中一彦：冷排水噴流の重力拡散特性に関する実験的検討，電力中央研究所，NO.378560，1979
加藤正進・和田明：水理模型実験手法による温排水拡散予測に関する研究：電力中央研究所，NO.381018 1981.

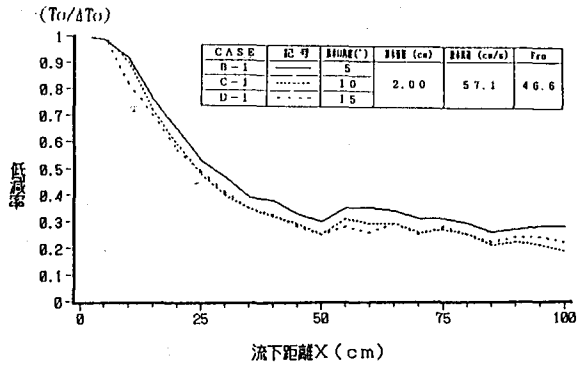


図-3 水温低減率（放水口角度一定）

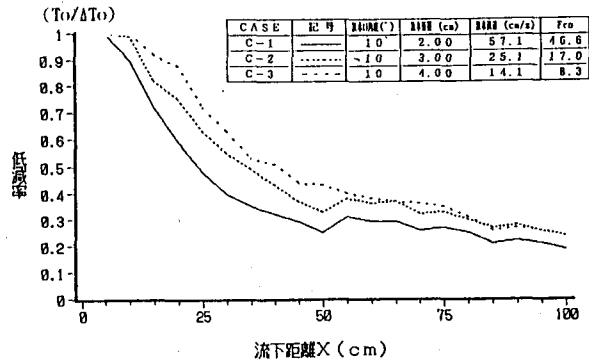


図-4 水温低減率（内部フルード数一定）

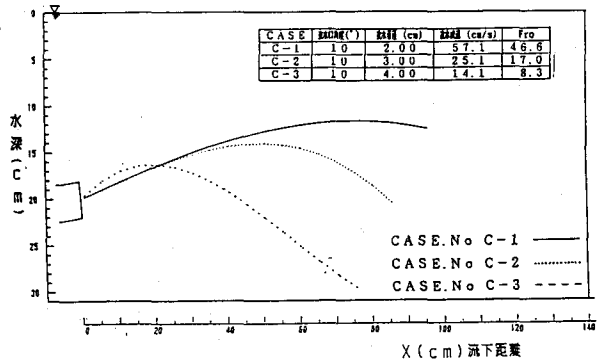


図-5 噴流経路（放水口角度一定）