



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	大腸菌の漁港内分布に及ぼす漁港形状の影響
Author(s)	横山, 純; 笠井, 久会; 古屋, 温美 他
Citation	日本水産学会誌, 77(3), 409-415 https://doi.org/10.2331/suisan.77.409
Issue Date	2011-05-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/53348
Rights	© 2011 公益社団法人日本水産学会
Type	journal article
File Information	article169.pdf



大腸菌の漁港内分布に及ぼす漁港形状の影響

横山 純,¹ 笠井久会,^{2*} 古屋温美,² 吉水 守²

(2011年1月4日受付, 2011年2月16日受理)

¹北海道開発局函館開発建設部函館港湾事務所, ²北海道大学大学院水産科学研究院Distribution of coliforms and *Escherichia coli* at fishing portsJUN YOKOYAMA,¹ HISAE KASAI,^{2*} ATSUMI FURUYA² AND MAMORU YOSHIMIZU²¹Hokkaido Regional Development Bureau, Hakodate Development Construction Department, Hakodate Port Office, Hakodate, Hokkaido 040-0061, ²Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan

To control the hygienic conditions of fishery products from catching to landing and processing, both qualitative and quantitative bacterial observations at fishing ports must be considered. Thirty-six fishing ports in Hokkaido, northern Japan, were selected and the distributions of coliform bacteria were studied at these sites. Coliforms were observed from all fishing ports, and *Escherichia coli* were observed from 30 fishing ports. Especially, in relation to the number of coliform bacteria and *E. coli*, fishing ports which are located near a river show higher levels than any other fishing ports.

キーワード: 衛生管理, 漁港, 大腸菌, 大腸菌群

大腸菌群および大腸菌は環境衛生管理上の汚染の指標として用いられ, 食品衛生法に基づく「食品, 添加物等の規格基準」のなかで食品別に基準値が定められている。¹⁾ 著者等は, 水温帯の違いや海域特性を考慮して北海道, 本州, 九州から6漁港を選定し, 漁港の港内海水について水質や細菌の分布状況について調査したところ, 6漁港すべてで大腸菌および大腸菌群が検出されることを報告した。²⁾ また, 北海道東部の河川および漁港付近における調査を通じて, 漁港内海水から分離されるこれら細菌が, 河川由来である可能性を示した。^{3,4)} しかし, 大腸菌は現場海水で5℃・5日間保持しても生存していることが確認されている。³⁾ 港内に直接下水道が流れ込む構造でない限りは, 漁港内で分離される大腸菌は河川を通じて漁港内に流入するものが多いと考えられる。

本研究では, 調査対象漁港数を増やし北海道の北部, 東部および南部, 計36漁港を選定し, 大腸菌・大腸菌群がどの程度分離されるか表面海水を対象に実態調査を行うとともに, これら細菌の流入原因として考えられる河川水について, これら大腸菌群を指標に海水への拡散ならびに漁港への進入実態について検討を行った。

材料および方法

漁港内海水 2004年7月27日から29日に道北9漁港, うち4港は港湾, すなわち豊岬漁港, 苫前漁港, 初浦漁港, 天塩港, 西浦漁港, 焼尻港, 羽幌港, 前浜漁港および天売港を, 2004年6月14日には道東10漁港, うち3港は港湾, すなわち尾岱沼漁港, 根室花咲港, 根室港, 別海漁港, 仙鳳趾漁港, 昆布森漁港, 幌茂尻漁港, 厚岸漁港, 釧路港および白糠漁港を, 2003年8月29日には道南8漁港, うち1港は港湾, すなわち銭亀漁港, 志海苔漁港, 住吉漁港, 函館漁港, 函館港, 上磯漁港, 茂辺地漁港および当別漁港 (Fig. 1) の表面海水を細菌検査用滅菌ハイロート採水器を用いて採水し, 試験に供した。

さらに, 2006年6月9日, 8月16日, 10月25日, 2007年5月8日および10月16日の計5回, 道南10漁港すなわち臼尻漁港, 川汲(安浦)漁港, 尾札部漁港, 木直漁港, 山背泊漁港, 大瀬漁港, 戸井漁港, 汐首漁港, 石崎漁港, 志海苔漁港 (Fig. 1) において, 漁港内の表面海水を同様に採水し, 試験に供した。加えて, 水産庁が提示する水産物流通拠点となる150漁港を対象

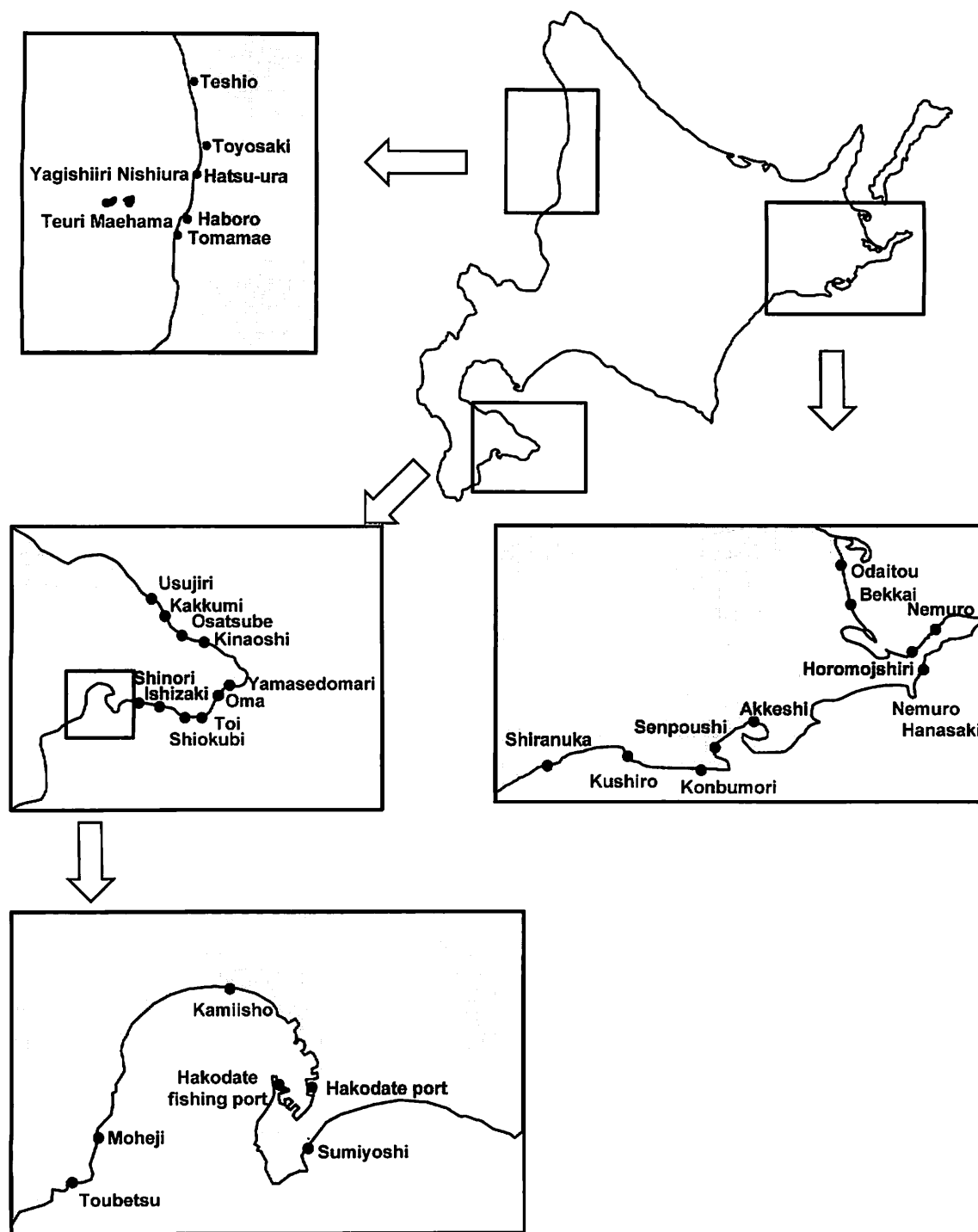


Fig. 1 Location of sampling stations at 36 fishing ports.

に立地条件を調べた。

なお、水温 (TEMP), pH, 溶存酸素量 (DO), 塩濃度 (SAL), 導電率, 全溶存固形物量, 海水の比重については UR-21 (HORIBA) を用いて測定した。化学的酸素要求量 (COD) はアルカリ性過マンガン酸カリウム法による測定を行った⁵⁾。

生菌数, 大腸菌群数および大腸菌数の測定 海洋細菌の培養に適する海水寒天平板培地⁶⁾表面に採取した試料 0.1 mL を塗抹して, 25°C で 5 日間好氣的に培養し, 出現コロニー数から海水 1 mL あたりの生菌数を測定した。また, 食品の生菌数測定に用いられる標準寒天平板培地 (栄研化学) で 37°C・24 時間好氣的に培養した場

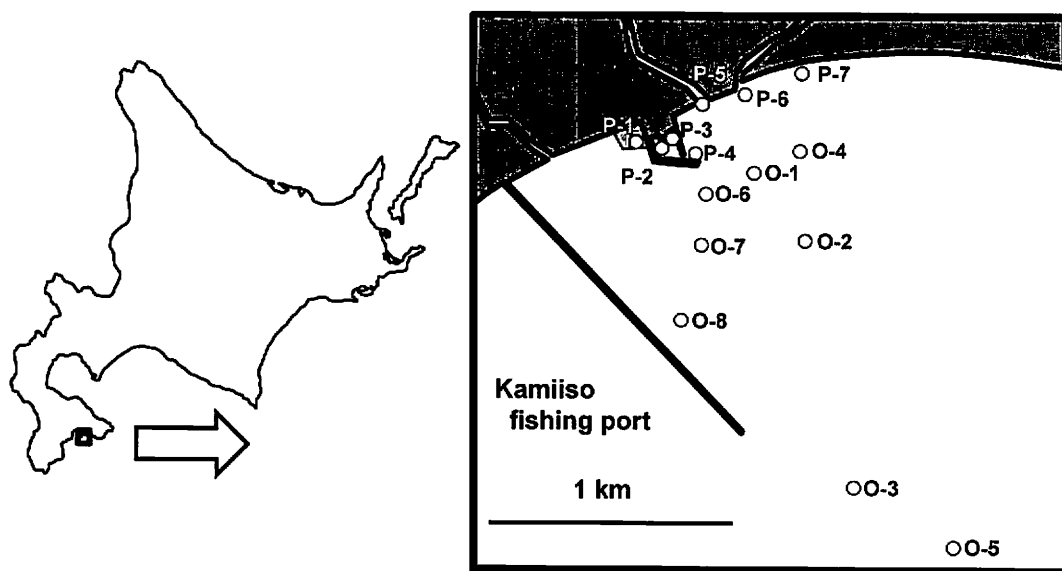


Fig. 2 Location of sampling stations at Kamiiso fishing port.

合の生菌数も測定した。大腸菌群数はダルハム管入りLB培地で37℃、48時間培養後、MPN法（5本法）により100 mL中の最確数として算出した。陽性試料についてはダルハム管入りEC培地（栄研化学）で恒温槽にて44.5℃・24時間培養し、MPN法により大腸菌数を算出した。

河川から海域への大腸菌・大腸菌群の拡散状況の把握 2009年9月29日に北海道の道南に位置する上磯漁港付近の15地点（Fig. 2）より表層海水を細菌検査用滅菌ハイロート採水器およびポリビンを用いて採取し、同時に水質をUR-21（HORIBA）を用いて測定した。大腸菌群数に加えて大腸菌数もMPN法（5本法）により100 mL中の最確数として算出した。

河川から漁港へ進入する大腸菌・大腸菌群の流入状況の把握 2004年5月、8月、11月の計3回にわたり、上磯漁港、志海苔漁港銭亀地区（以下、銭亀漁港という）、住吉漁港の水質および細菌調査を行った。上磯漁港については港口部（KA-1）、港奥部（KA-2, KA-3）、漁港付近の河川の河口部（KA-4）の4点、銭亀漁港については港口部（ZE-1）、港奥部（ZE-2）、港外部（ZE-3）、漁港付近の河川の河口部（ZE-4）の4点、住吉漁港については港口部（SU-1）、港奥部（SU-2, SU-3）の3点の表層海水を、細菌検査用滅菌ハイロート採水器を用いて採取した。海水の水質はUR-21（HORIBA）を用いて測定し、生菌数、大腸菌群数および大腸菌数の測定は上述の方法に従った。

結 果

漁港内海水の実態 道北、道東および道南計36漁港の大腸菌群数をFig. 3に示した。調査大腸菌群数は7.8

～ 1.4×10^4 MPN/100 mL以上の範囲で測定され、大腸菌数は1.8以下～ 2.4×10^3 MPN/100 mLの範囲で測定された。

2006年から2007年にかけて測定した道南10漁港では、季節変動をみるために5回の調査を行った。その結果、水質にあつては水温の低い時期にDOは高く、CODは概ね低くなる傾向となる中で、大腸菌群数および大腸菌数については、大腸菌群数では最大値を示す時期に一定の傾向は認められなかったものの、大腸菌は最も水温の高い2006年8月16日に10漁港中7漁港で最大値を示した。

なお、生菌数については、海水寒天平板培地を用いて測定した場合に道北では $6.2 \times 10^3 \sim 3.4 \times 10^5$ CFU/mL、道東では $5.2 \times 10^2 \sim 1.2 \times 10^5$ CFU/mL、道南では $4.8 \times 10^2 \sim 1.1 \times 10^5$ CFU/mLであった。標準寒天培地を用いて測定した場合に道北では $10 \sim 3.0 \times 10^3$ CFU/mL以上、道東では5以下～ 6.8×10^2 CFU/mL以上となった。道北の羽幌港と焼尻港では検出限界値を超える結果（ 3.0×10^3 CFU/mL以上）となった（データは示していない）。

水産庁が提示する水産物流通拠点となる150漁港を対象に立地条件を調べた結果、その7割近くが河川に隣接していた。またそのうちの4割は直接河川が港内に流入する形状となっていた（Fig. 4）。上記の調査対象とした36漁港のうち近隣500メートル以内に河口のないパターン4に属す漁港は10港（27.8%）、パターン1, 2, 3に属す漁港はそれぞれ11（30.6%）、11（30.6%）、4港（11.1%）であった。

河川から海域への大腸菌・大腸菌群の拡散 上磯漁港付近の各地点の表層水の水質は、DOが河口付近で高く、

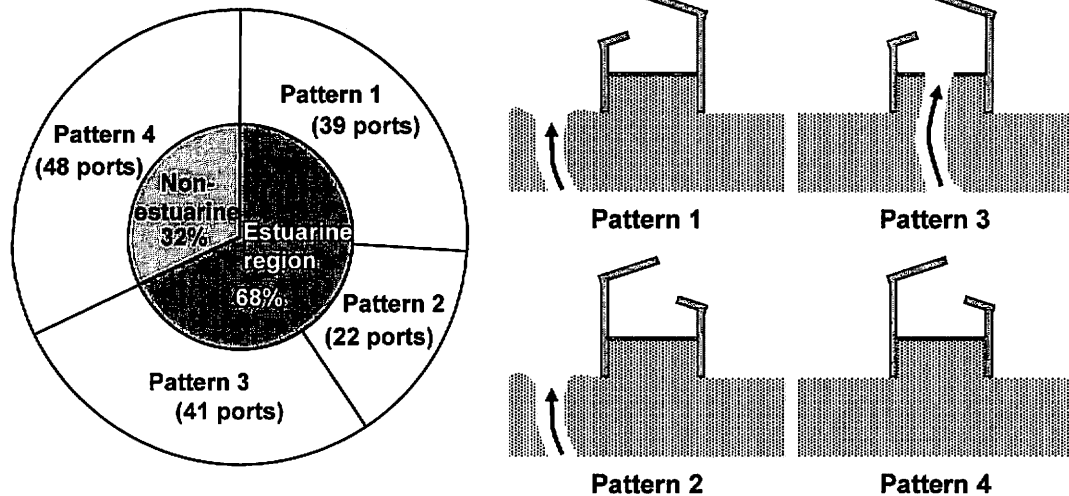


Fig. 3 Percentage of ports located by estuarine region among fishery product distribution hub ports (150 fishing ports).

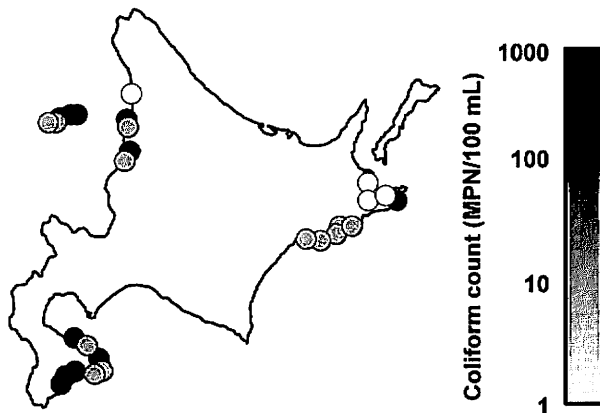


Fig. 4 Coliform counts (MPN/100 mL) at 36 fishing ports in Hokkaido.

6.8~11.2 mg/L の範囲で測定された。水温、導電率、SAL、全溶存固形物量、海水の比重には大きな差は見られなかったが、河口付近において、淡水、汽水域となる地点があり、そこでは測定値が低くなっていた。なお pH については地点による変化は見られず 8.2~8.6 の範囲で測定された。

各地点の表層水中の大腸菌群数および大腸菌数は Fig. 5 に示すとおりで、ともに河口付近では高く、大腸菌群数で $1.4 \times 10^4 \sim 3.5 \times 10^4$ MPN/100 mL、大腸菌数で $2.8 \times 10^2 \sim 5.4 \times 10^2$ MPN/100 mL であった。河口から 500 m 程度離れた沖側 (P-2~4, O-1, 6) では、概ね大腸菌群数で $1.1 \times 10^2 \sim 5.4 \times 10^2$ MPN/100 mL、大腸菌数で 2~13 MPN/100 mL 程度まで減少した。ただし、同様に 500 m 程度離れた地点でも河川流の流れる方向と一致した地点 (O-4) では、依然として大腸菌群数で 5.4×10^3 MPN/100 mL、大腸菌数で 31 MPN/100

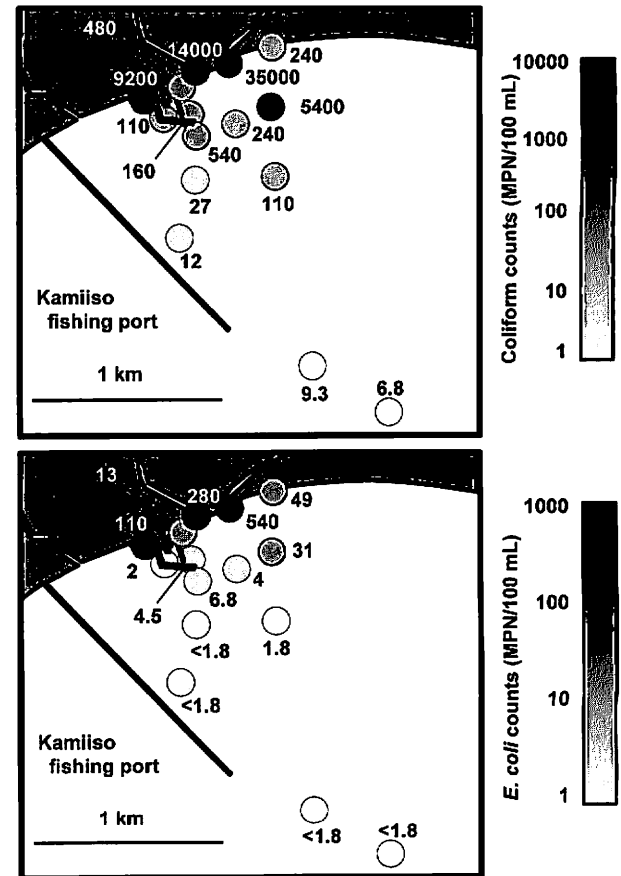


Fig. 5 Distribution of coliform and *Escherichia coli* counts (MPN/100 mL) of Kamiiso fishing port.

mL と高い数値を示した。800 m 程度離れた地点 (O-2, 8) では、大腸菌群数で 27~110 MPN/100 mL、大腸菌数で 1.8 MPN/100 mL 以下まで減少した。

河川から漁港へ進入する大腸菌・大腸菌群の流入 上磯、銭亀および住吉漁港における5月、8月、11月の水質測定結果を調べた結果、各漁港の表面海水の水温、pH、SAL、導電率、全溶存固形物量、海水の比重に大きな差は見られなかったが、河口では汽水のため導電率、

SAL、全溶存固形物量、海水の比重で他と異なる値を示した。季節変化では、8月に水温の上昇と合わせてpHが低下したが、11月には5月とほぼ同様の値を示した。

大腸菌群数および大腸菌数は、5月の調査では、上磯漁港では $7.5 \times 10^2 \sim 1.1 \times 10^4$ MPN/100 mL および3以下 $\sim 4.3 \times 10^2$ MPN/100 mL と測定された。銭亀漁港では3以下 $\sim 4.3 \times 10^2$ MPN/100 mL および3 MPN/100 mL 以下、住吉漁港では、3以下 $\sim 4.3 \times 10^2$ MPN/100 mL および3以下 ~ 30 MPN/100 mL となった (Fig. 6, 7)。8月の調査では全体的に菌数が増加し、大腸菌群数は上磯漁港の全ての地点で 1.1×10^4 MPN/100 mL 以上、銭亀漁港付近の河口で 1.4×10^4 MPN/100 mL 以上と高い値を示したが、銭亀漁港付近の河川から流出した大腸菌群は防波堤付近でその数が 2.4×10^3 MPN/100 mL までに減少し、漁港の入り口では 4.6×10^2 MPN/100 mL となった。付近に河川のない住吉漁港では $43 \sim 4.6 \times 10^2$ MPN/100 mL と、他漁港と比較すると全体的に低い値であった。各漁港の大腸菌数については3以

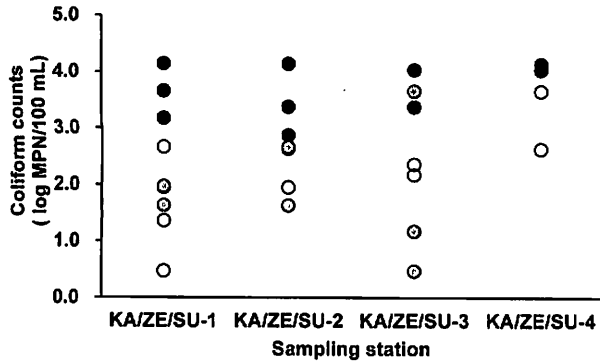


Fig. 6 Distribution of coliform counts (MPN/100 mL) of Kamiiso, Zenigame and Sumiyoshi fishing ports. ●: Kamiiso, ○: Zenigame, ⊙: Sumiyoshi fishing ports.

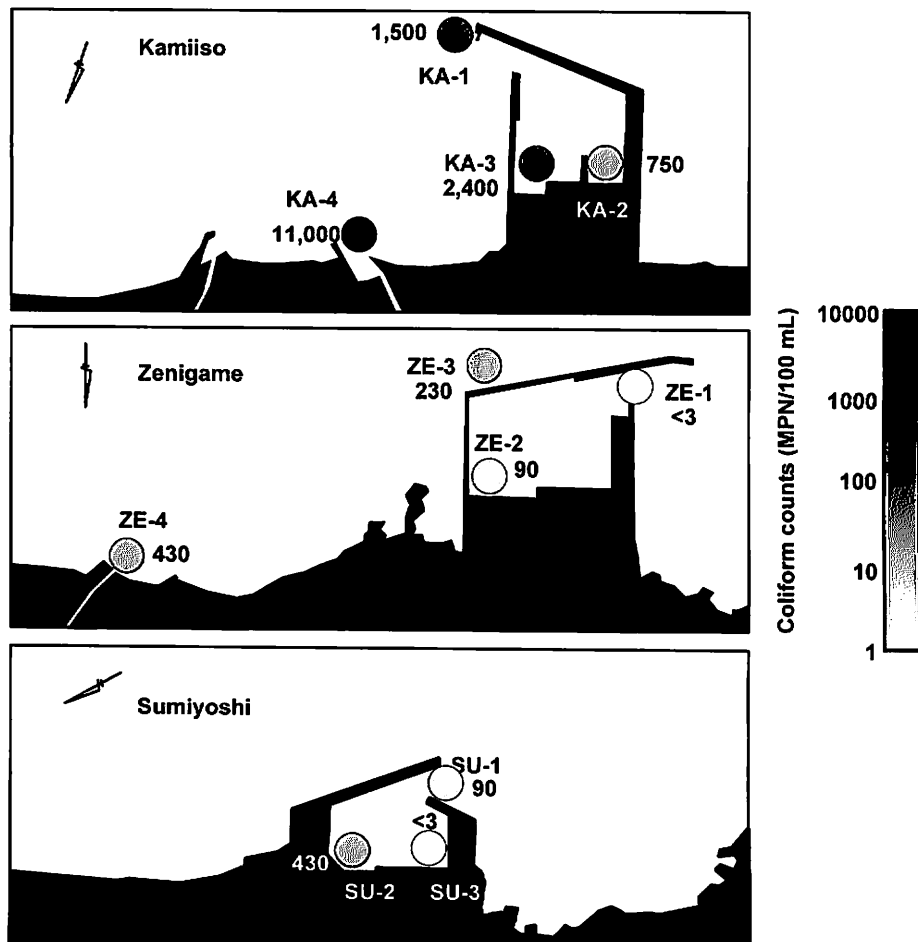


Fig. 7 Distribution of coliform counts (MPN/100 mL) of Kamiiso, Zenigame and Sumiyoshi fishing ports (May 2004).

下 $\sim 4.3 \times 10^2$ MPN/100 mL と測定され、上磯漁港内で高い値を示した。11 月の調査では、上磯漁港と銭亀漁港の大腸菌群数および大腸菌数が低下した。大腸菌群数が上磯漁港で $2.4 \times 10^3 \sim 1.1 \times 10^4$ MPN/100 mL を示し、大腸菌数は上磯漁港で 3 以下 ~ 91 MPN/100 mL、銭亀漁港で 3 以下 $\sim 2.1 \times 10^2$ MPN/100 mL を示した。なお住吉漁港では、大腸菌数は年間を通して 3 以下 ~ 43 MPN/100 mL とほぼ同様の値を示した。

なお、海水寒天平板培地を用いて測定した生菌数は、上磯漁港で $1.2 \times 10^3 \sim 1.6 \times 10^4$ CFU/mL、銭亀漁港で $3.3 \times 10^2 \sim 9.2 \times 10^3$ CFU/mL、住吉漁港で $1.2 \times 10^3 \sim 5.1 \times 10^4$ CFU/mL と住吉漁港が最も高い生菌数を示した。標準寒天培地を用いて測定した場合、上磯漁港で $30 \sim 1.6 \times 10^3$ CFU/mL、銭亀漁港で 5 以下 $\sim 1.5 \times 10^3$ CFU/mL、住吉漁港で 5 以下 ~ 75 CFU/mL となり、逆に住吉漁港が最も低い値を示す結果となった。

考 察

食の安全・安心が求められるなか、食品分野と同様に水産物の生産活動の場であり水産物の流通拠点である漁港においても、衛生管理対策を早急に進めることが重要な課題となっている。農林水産省が先に実施した消費者アンケートでは、漁港における衛生管理対策として、特に重点的に取り組む必要があるとされた内容の上位に漁港内で使用する海水の清浄性があげられている。このことを受けて、著者らは全国の漁港の中から水温帯の違いや海域特性を考慮して北海道、本州、九州から 6 漁港を選定し、漁港の港内海水について水質や細菌の分布状況について調査したところ、6 漁港すべてで大腸菌および大腸菌群が検出されることを報告した。²⁾

大腸菌群および大腸菌は環境衛生管理上の汚染の指標として用いられ、¹⁾ 水産物では鯨肉製品、魚肉ねり製品、ゆでだこ、ゆでがにが大腸菌群陰性、生食用かきは、大腸菌の最確数が 230 MPN/100 g 以下、さらに生食用かきについては採取海域の海水が 70 MPN/100 mL 以下であるか、もしくは同基準の海水または 3 % 人工塩水での浄化が定められている。魚介類全般にかかる項目がないものの、他の基準が設けられている食品同様に、大腸菌群・大腸菌陰性であることが望ましい。

著者らは、北海道東部の河川および漁港付近における調査を通じて、漁港内海水から分離されるこれら細菌が、河川由来である可能性を示した。^{3,4)} 現場海域である北海道東部の標津漁港の沖合 1 km 地点より採取した海水中に $10^3 \sim 10^4$ CFU/mL 程度となるよう大腸菌を接種し生残性を観察したところ、時間の経過とともに生菌数は減少し、10℃、15℃ および 20℃ では 3 日目検出限界以下となったが、5℃ では 5 日間保持後も大腸菌のコロニーの出現が確認された。³⁾ 試験条件の違いにより生菌

数の推移に違いはみられるものの、温度が低いほど生菌数が減少しない傾向は他の報告と一致する。⁷⁻⁹⁾ 港内に直接下水道が流れ込む構造でない限りは、漁港内で分離される大腸菌は河川を通じて漁港内に流入するものが多いと考えられ、河口域における細菌の分布を明らかにすることで、漁港内への流入の危険性についての考察が可能と考える。なお、漁港は天然の地形を利用して、昔から静穏なところに形成されてきた経緯があり、集落を流れる河川の河口部に位置する場合が多い。

本研究では、調査対象漁港数を増やし北海道の北部、東部および南部、計 36 漁港を選定し、大腸菌・大腸菌群がどの程度分離されるか表面海水を対象に実態調査を行うとともに、これら大腸菌群を指標に海水への拡散ならびに漁港への進入実態について検証を行った。

今回調査した道東、道北、道南の計 36 漁港全てで大腸菌群数が検出され、特に道北の羽幌港と焼尻港、道南の志海苔漁港で大腸菌群数および大腸菌数が高い値を示した。さらに道南 10 漁港について、季節変動をみるために年 5 回の調査を行ったところ、大腸菌群数は臼尻漁港・木直漁港・志海苔漁港で高い値で推移し、戸井漁港・汐首漁港・石崎漁港では低い値で推移していた。いずれも季節による変化は特に見られなかったことから、港内海水の大腸菌群数が高い値を示す漁港では、港内海水が大腸菌群に継続的に汚染されていることが示唆された。また、漁港形状のパターン 3 すなわち港内に河口のある漁港は港内海水の大腸菌群数が総じて高い値を示し、漁港の形状と港内海水中の大腸菌群数に相関のあることが考えられた。漁港や産地市場では、用水を水深 5 ~ 10 m 程度の泊地表層から取水する例が多く、殺菌処理などの対策¹⁾が必要と考える。

道東でも牧場の間を流れる標津川、伊茶仁川、古多糠川では、年間を通して $10^2 \sim 10^3$ MPN/100 mL の大腸菌群が検出され、それらの河口付近にある標津漁港では 1.8 以下 $\sim 3.5 \times 10^3$ MPN/100 mL の大腸菌群が検出されている^{3,4)}。北海道および本州中部の牧場に飼養されている牛の糞便から 13.0 % の割合で腸管出血性大腸菌 O157 が分離されるとの記述があり、¹⁰⁾ 本菌の拡散も懸念される状況にある。また、別の河川では、牛のエンテロウイルスや *Cryptosporidium parvum* の孢子といった家畜の腸内に存在する微生物^{11,12)}が、牧場周辺を流れる河川の下流の水や河口付近に生息するカキから検出されている¹³⁾ ことから、牧場周辺を流れる河川において、家畜の糞便に含まれる微生物が河川に流出し、河口周辺の海水および河口付近に位置する漁港の港内海水を汚染することも考えられる。

そこで、上磯漁港周辺での大腸菌および大腸菌群数の分布を観察したところ、河口域に近いほど大腸菌あるいは大腸菌群が高い値を示し、河口域から離れるに従い減

少していた。上磯漁港周辺海域は、定置網が多く設置され、調査地点に制約があったが、分布傾向の把握は可能であった。

次いで、河口と漁港の位置関係が漁港内への大腸菌および大腸菌群流入に及ぼす影響を検討したところ、付近に河川等がある漁港では、ない漁港に比べて大腸菌数および大腸菌群数の値が明らかに高い傾向を示した。また、漁港の入り口が河口側に向いている漁港では、河川由来の大腸菌が港内に流入する傾向が見られ、一方、河口側に向いていない漁港ではその数は低く測定された。また、漁港の港口と港奥部を比べると、大腸菌数および大腸菌群数は河口部との距離や漁港の入り口が河口側に向いているか否かによって異なるものの、一般生菌数は総じて港奥部の方が高い値を示す傾向が見られた。

山下¹⁴⁾は、北海道石狩川と石狩湾の湾口部および湾奥部を対象とした現地調査により、湾口域の水質には河川水の影響を受けやすい地点と湧昇流の影響を受けやすい地点があることを報告している。さらに佐藤¹⁵⁾の函館港内における栄養塩の追跡シミュレーションによると、河川由来の栄養塩は函館湾内に供給されたのち、潮流により港口から港内海域に輸送され、港内の流速減少に伴い貯留されることが示されている。今回、漁港内海水の大腸菌数および大腸菌群数は付近に河口があるかどうか、また漁港の入り口が河口に向いているかに影響されることが示唆されたが、今後漁港立地状況の影響を明らかにするためには、モデル漁港・海域を選定して港内への河川水流入過程や鉛直混合の実態を求め、港内外の海水交換の実態について分析する必要がある。

文 献

- 1) 社団法人日本食品衛生協会. 第1章 2 汚染指標菌. 「食品衛生検査指針」(厚生労働省監修) 社団法人日本食品衛生協会, 東京. 1992; 67-107.
- 2) 横山 純, 笠井久会, 森 里美, 林 浩志, 吉水 守. 漁港で利用される海水の細菌学的調査. 日水誌 2010; 76: 62-67.
- 3) 笠井久会, 中村暢之, 吉水 守. 道東の標津川, 伊茶仁川および古多瀬川の細菌学的調査. 北大水産彙報 2002; 53: 75-82.
- 4) 笠井久会, 杉山絵美, 吉水 守. 衛生管理型標津漁港の細菌学的調査. 日水誌 2004; 70: 60-65.
- 5) 佐谷戸安好, 澤村良二, 竹下隆三, 中沢泰男, 長澤金蔵, 濱田 昭. 「繁用衛生試験法と解説」(日本薬学会編) 南山堂, 東京, 1973.
- 6) Yamamoto H, Ezura Y, Kimura T. Effects of antibacterial action of seawater on the viability of some bacterial species. *Fish. Sci.* 1982; 48: 1427-1431.
- 7) Rhodes MW, Kator H. Survival of *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. in estuarine environments. *Appl. Environ. Microbiol.* 1988; 54: 2902-2907.
- 8) Xu HS, Roberts N, Singleton FL, Attwell RW, Grimes DJ, Colwell RR. Survival and viability of nonculturable *Escherichia coli* and *Vibrio cholerae* in the estuarine and marine environment. *Microb. Ecol.* 1982; 8: 313-323.
- 9) Garzio-Hadzick A, Shelton DR, Hill RL, Pachepsky YA, Guber AK, Rowland R. Survival of manure-borne *E. coli* in streambed sediment: effects of temperature and sediment properties. *Water Res.* 2010; 44: 2753-2762.
- 10) Ezawa A, Gocho F, Kawata K, Takahashi T, Kikuchi N. High prevalence of enterohemorrhagic *Escherichia coli* (EHEC) O157 from cattle in selected regions of Japan. *J. Vet. Med. Sci.* 2004; 66: 585-587.
- 11) Ley V, Higgins J, Fayer R. Bovine enteroviruses as indicators of fecal contamination. *Appl. Environ. Microbiol.* 2002; 68: 3455-3461.
- 12) Ono K, Tsuji H, Rai SK, Yamamoto A, Masuda K, Endo T, Hotta H, kawamura T, Uga S. Contamination of river water by *Cryptosporidium parvum* oocysts in western Japan. *Appl. Environ. Microbiol.* 2001; 67: 3832-3836.
- 13) 坂井 稔. 牡蠣に関する公衆衛生学的研究—特に細菌汚染とその浄化に就て—. 広島衛研所報 1956; 6: 65-112.
- 14) 山下俊彦, 梅林 司, 隅江純也, 柏谷和久, 山崎真一. 石狩湾沿岸海域の水質変動特性と河川水・概要の影響. 海洋工学論文集 2003; 50: 1181-1185.
- 15) 佐藤侑亮, 宮武 誠, 湊 賢一. 函館港内の水質改善に関する A-MHA の最適配置. 平成 21 年度土木学会北海道支部論文報告集 2010; 66: B-40.