

Documento Técnico

Calidad del agua - No.2

Mejoramiento del Medio Ambiente en Zonas de
Agua Marina con Agentes Mejoradores de la Cal

EXITOSO TRATAMIENTO DE
AGUAS DURAS CON CAL EN
EL JAPON. (2003).

Marzo de 1996

Asociación Japonesa de la Industria Calera

Supervisores

Comité de Mejoramiento de la Calidad del Agua y de Sedimento del Fondo,
Asociación Japonesa de la Industria Calera.

Presidente del Comité: Tsuneo Aoyama (Ex-Rector de la Universidad de Pesca,
catedrático honorífico de la misma Universidad)

Miembros del Comité: Kiyoshi Yoshizaki (Ex-Jefe del Departamento de
Mantenimiento Pesquero de la Dirección General de Pesca.
Director General de la Asociación de Pesca de Japón,
S.C.)

Kazuno Ito (Asistente de la Sección de Medidas al Medio
Ambiente en la Zona de Aguas Marinas, Departamento de
Protección Ambiental, Dirección de asuntos portuarios del
Ministerio de Transporte)

Takashi Hosokawa (Jefe de Grupo de Investigación de
Purificación de Aguas Marinas, Departamento de Hidráulica
del Mar, Instituto de Tecnología Portuaria del
Ministerio del Transporte)

Kenji Takagi (Ex-Director del Laboratorio de Piscicultura
de la Dirección General de Pesca. Director de Desarrollo
Marítimo Fuyo Co., Ltd.)

Norito Watanabe (Doctor en farmacología, Investigador jefe
titular del Departamento de Ciencia de Medio Ambiente,

Instituto de la Salud y el Medio Ambiente de la Prefectura de Gifu)

Hideya Shintani (Director de la Asociación Japonesa de la Industria Calera. Director General de Calceed Co., Ltd.)

Hiroyoshi Bando (Sub-Director de la Asociación Japonesa de la Industria Calera, Presidente de Sub-comité de Desarrollo de Nuevos Productos. Director General de la Industria Calera de Cichibu Co., Ltd.)

Tetsushi Iwashita (Lider de la Comisión de Calidad del Agua, Sub-comité de Desarrollo de Nuevos Productos. Director de Industria Yazaki, Co., Ltd.)

Autores

(Por orden del alfabeto japonés)

Tetsushi Iwashita (Líder de la Comisión de Calidad del Agua, Sub-comité de Desarrollo de Nuevos Productos de, Asociación Japonesa de Industria Calera. Yabashi Co., Ltd.)

Takao Arika (Miembro de la Comisión de Calidad del Agua. Industria Calera Maruai Co., Ltd.)

Seiji Okabe (Miembro de la Comisión de Calidad del Agua. Industria Calera Nakayama Co., Ltd.)

Toshio Tokura (Miembro de la Comisión de Calidad del Agua. Industria Calera Chichibu Co., Ltd.)

Keiichi Kimura (Miembro de la Comisión de Calidad del Agua. Industria Okutama Co., Ltd.)

Junici Sato (Miembro de la Comisión de Calidad del Agua. Industria Calera Hokkaido Kyodo Co., Ltd.)

Masao Sato (Miembro de la Comisión de Calidad del Agua. Tohoku Tekko Co., Ltd.)

Hiroshi Hosokawa (Miembro de la Comisión de Calidad del Agua. Elaboración de Cal Ueda Co., Ltd.)

Tadashi Yasuda (Miembro de la Comisión de Calidad del Agua. Calceed Co., Ltd.)

Hideto Yoshinaga (Miembro de la Comisión de Calidad del Agua. Industria Nyuko, Co., Ltd.)

Hiroaki Kimata (Desarrollo Marítimo Fuyo, Co., Ltd.)

Shuichi Kawahara (Secretariado, Secretario de la Asociación Japonesa de la Industria Calera)

Yukinobu Kawano (Secretariado, Secretario de la Asociación Japonesa de la Industria Calera)

Palabras del supervisor

Capitulo 1 Efecto de la cal en el mejoramiento del medio ambiente

Sección 1 Mejoramiento del medio ambiente del sedimento del fondo

- 1-1 Inhibición del consumo de oxígeno en el sedimento del fondo.
- 1-2 Inhibición en generación del hidrógeno sulfúrico en el sedimento de fondo
- 1-3 Inhibición de la lixiviación y la estabilización del fósforo desde el sedimento de fondo
- 1-4 Inhibición de la lixiviación del hierro y manganeso desde el sedimento de fondo

Sección 2 Mejoramiento del medio ambiente de aguas

- 2-1 Eliminación del fósforo en el agua
- 2-2 Aceleración en la precipitación del lodo flotante en el agua

Capitulo 2 Efecto de la cal en el tratamiento de dragado del lodo contaminado

Sección 1 Efecto para descontaminación

- 1-1 Efecto de inhibición del olor del lodo contaminado dragado
- 1-2 Efecto de inhibición de la elución del ácido fosfórico ionizado en el lodo contaminado dragado
- 1-3 Efecto de inhibición de la lixiviación de aceite en el lodo dragado contaminado
- 1-4 Efecto de inhibición de la lixiviación de metal pesado en el lodo contaminado dragado
- 1-5 Efecto de la esterilización de bacterias nocivas en el lodo dragado contaminado

Sección 2 Efecto de estabilización

2-1 Efecto de deshidratación del lodo dragado contaminado

2-2 Efecto de consolidación del lodo dragado contaminado

Capítulo 3 Estudios de mejoramiento del medio ambiente por
agentes mejoradores de la cal y resultado de su ejecución

Sección 1 Historial de los estudios de mejoramiento del medio
ambiente

Sección 2 Método de ejecución del mejoramiento del medio ambiente

2-1 Agentes mejoradores de la cal

2-2 Método de ejecución

2-3 Precauciones sobre el manejo de agentes mejoradores de la cal

Sección 3 Resultado de la ejecución de mejoramiento del medio
ambiente

3-1 Piscifactoría

3-2 Zonas de agua cerrada

Capítulo 4 Seguridad de agentes mejoradores de la cal

Sección 1 pH de agua del mar

Sección 2 Influencia en los organismos acuáticos

2-1 Influencia en los peces y animales marinos

2-2 Influencia en los peces de agua dulce

Datos de referencia (Bibliografía, catálogos, etc.)

Palabras del supervisor

Tsuneo Aoyama

Catedrático honorífico de la Universidad de Pesca, Presidente del Comité de Mejoramiento de la Calidad del Agua y Sedimento de Fondo, Asociación Japonesa de la Industria Calera

Hoy en día, el interés hacia el medio ambiente del globo terrestre se ha elevado a escala mundial. La innovación de la tecnología y el desarrollo industrial de hasta ahora se han enfocado al incremento en de la productividad, y siento que había poca atención hacia el medio ambiente.

Es enorme la contribución de la industria calera a la creación de la sociedad actual, realizada a través de la producción de material de acero y hormigón, que son infraestructura representativa de los tiempos modernos. A la vez, no podemos rehusar una parte de la responsabilidad de haber dejado mucha cantidad del bióxido de carbono en la atmósfera, lo cual se publica hoy en día como un problema ambiental.

Encontrándonos en estas circunstancias, el hecho es que la Asociación Japonesa de la Industria Calera incluyó el proyecto de investigación y actividad sobre el mejoramiento del medio ambiente en la estrategia de su operación, y que incorporó como parte integral de su proyecto la "Investigación y Desarrollo de Agentes Mejoradores de la Cal para el mejoramiento en la Calidad del Agua y el Sedimento de Fondo, e Investigación y Desarrollo del Método de Mejoramiento de la Calidad del Agua y el Sedimento del Fondo en las Zonas de Agua Cerradas del Mar y de la Tierra" en el Proyecto de la Reforma Estuructral de Tercera Etapa que empezó en 1993, fue una decisión muy oportuna y digna de admiración.

La cal se ha utilizado desde tiempos antiguos para mejorar el suelo, la calidad del agua y el sedimento de fondo, y su efectividad se ha reconocido ampliamente. Asimismo, nos hemos familiarizado con la cal desde que éramos niños, al usarla para marcar la línea en las canchas de béisbol y en otros campos deportivos. Sin embargo, al emplearla en cantidades mayores para purificar el agua, el sedimento de fondo, etc., no poca gente se siente temerosa hacia alguna alergia. El producto de este tipo es, a la vez, tóxico. No debe de equivocarse su uso.

El presente informe es una edición revisada del resultado del proyecto arriba mencionado, proporcionado por el Comité de Proyecto en la Realización de la Visión de Explotación al Nuevo Camino, que fue organizado en 1993, con los conocimientos adquiridos y opiniones existentes. Espero que este informe se utilice como uno de los manuales para el trabajo del mejoramiento del medio ambiente en las zonas de agua.

Como fenómeno de contaminación del mar existen la "marea roja" y la "marea azul", y antiguamente lo denominaron "mar amarillo", o "mar rojo" al mar contaminado. Mezclando todos los colores, se vuelve blanco. No me gustaría contaminar el mar con el "blanco" de la cal, sino purificarlo y dejarlo "blanquísimo" con la misma.

Por último, quisiera elogiar los méritos de todas las personas relacionadas con la Asociación Japonesa de la Industria Calera, quienes planearon este proyecto y se esforzaron por su propulsión, y a la vez, agradecer los esfuerzos de cada uno de los miembros del Comité que me ayudaron.

Capítulo 1 Efecto de la cal en el mejoramiento del medio ambiente

Sección 1 Mejoramiento del ambiente del sedimento del fondo

1-1 Inhibición del consumo de oxígeno en el sedimento del fondo

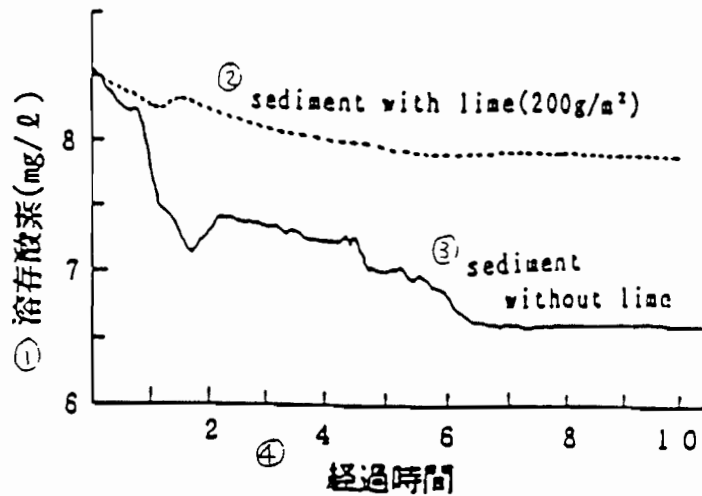
El sedimento del fondo suele ser lodo contaminado, a consecuencia de la acumulación de la suciedad proveniente del desagüe del hogar y de la industria, etc., hecha durante largos años en el fondo del mar. La materia orgánica que contiene este sedimento del fondo, se descompone por aerobios, y entonces se consume el oxígeno del agua. Además, en la temporada en que sube la temperatura del agua, los aerobios se activan, y la descomposición de la materia orgánica se acelera. Especialmente, en verano, es mucha la diferencia de la temperatura del agua entre la superficie y el fondo, y se desarrolla la estratificación de la temperatura del agua, por lo que resulta faltante el oxígeno que se suministra de la atmósfera al estrato inferior a través de la superficie del agua. Por consiguiente, el oxígeno disuelto en el agua del estrato inferior se consume, ocasionando el estado escaso o carente de oxígeno. En dicho estado, se acelera la generación del ácido sulfhídrico entre otros, debido a la proliferación de los microbios de reducción del sulfato, y se activa la elución del ácido fosfórico ionizado y otros, causando el ciclo de las mareas roja y azul.

Por lo tanto, para frenar el surgimiento de dichas mareas, debe de eliminarse la causa de su ciclo. Uno de los métodos es frenar la cantidad de consumo de oxígeno por medio del esparcimiento de la cal.

En la gráfica 1-1, se muestra un ejemplo del comportamiento por tiempo de la densidad del oxígeno en el agua fluyente, de cuando se echa agua continuamente en el recipiente herméticamente cerrado que contiene sedimento de fondo. Cuando se esparce la cal viva 200g por l_m , la densidad del oxígeno se

mantiene a aproximadamente 8mg/l, y se observa el efecto de freno al consumo de oxígeno en el sedimento de fondo.

- ① Oxígeno disuelto (mg/l)
- ② Sedimento con cal
- ③ Sedimento sin cal
- ④ Tiempo transcurrido



Gráfica 1-1 Comportamiento de la cantidad del oxígeno disuelto en el agua fluyente 61)

1-2 Inhibición en la generación del hidrógeno sulfúrico en el sedimento de fondo

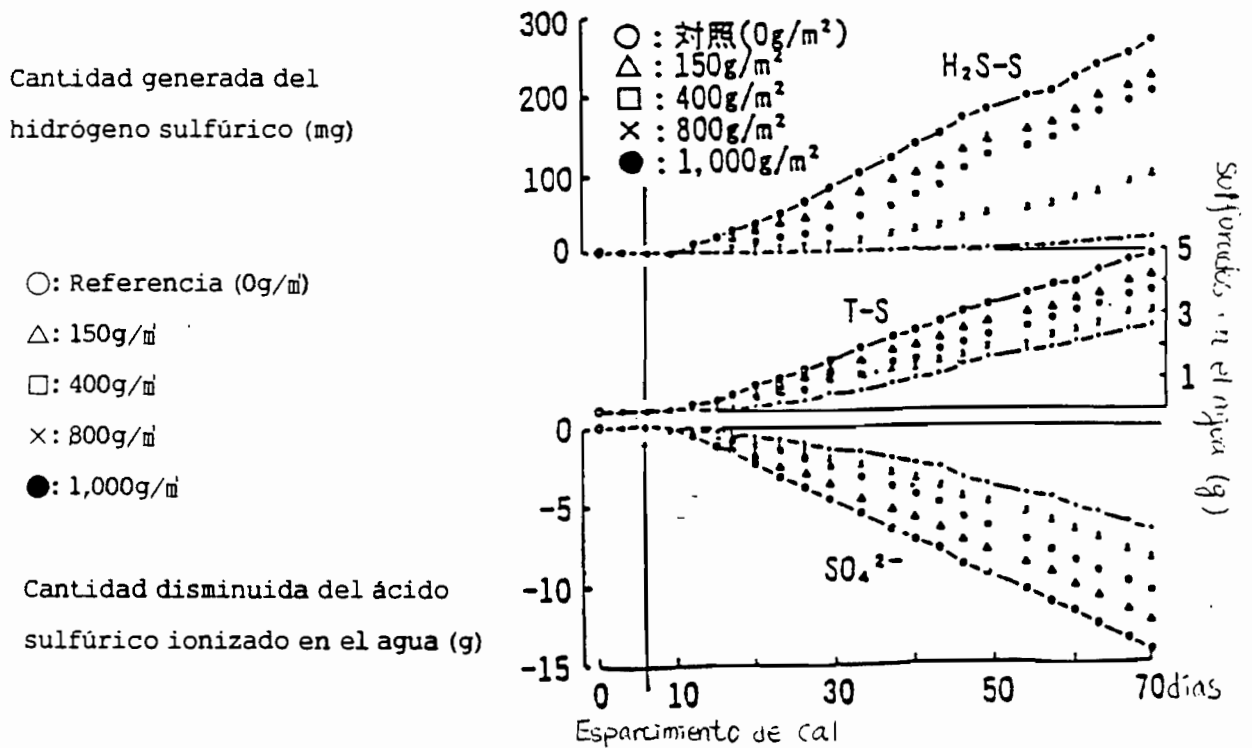
La marea azul que se genera en las zonas cerradas de agua eutroficada y que causa grandes daños a la pesca, es lo flotante de la masa de agua escasa de oxígeno con ácido sulfhídrico, que estaba estancado en el estrato del fondo. Sobre todo, el impedimento en la generación de ácido sulfhídrico venenoso es una tarea importante desde el punto de vista de la prevención de la muerte prematura de los peces y animales marinos.

Como se mencionó antes, la mayoría de las causas del surgimiento del hidrógeno sulfúrico en el mar es, efecto de la respiración de los microbios de reducción del sulfato. Estos microbios se proliferan en el sedimento de fondo en condiciones anaerobias, sin embargo, se dice que casi no se prolifera con más de pH 8.5.

Para investigar la inhibición de la actividad de los microbios de

reducción del sulfato por medio del esparcimiento de la cal, se rastreó el hidrógeno sulfúrico en el aire y el ácido sulfúrico ionizado en el agua, después de haberse aplicado 300g de lodo de fondo y 1 litro de agua del mar en un recipiente hermético de 1 litro. Se muestra su resultado en la gráfica 1-2. La cal que se utilizó aquí es cal viva.

El ácido sulfúrico ionizado en la zona que se sometió a la investigación disminuyó, siendo consumido por los microbios de reducción de sulfato, y por consiguiente, el hidrógeno sulfúrico en el aire y los sulfurados en el agua aumentaron. Por otro lado, mientras más se agrega la cal, el consumo del ácido sulfhídrico ionizado se detiene. Por lo tanto, para frenar la actividad de los microbios de reducción del sulfato y moderar la generación del ácido sulfhídrico, es efectivo hacer el pH del sedimento de fondo más de 8.5, esparciendo la cal.



Gráfica 1-2 Relación entre la cantidad del esparcimiento de la cal, y el sulfato y los sulfurados 8)

1-3 Inhibición de la lixiviación y la estabilización del fósforo desde el sedimento de fondo

La generación anormal de plancton vegetal por la eutroficación en las zonas de agua cerradas, proviene principalmente del fósforo y el nitrógeno disueltos en el agua. Se dice que la mayoría de las zonas de agua cerradas de nuestro país son restringidas de fósforo, y es posible frenar la proliferación de plancton, al bajar la densidad del fósforo en el agua. Por consiguiente, para prevenir la eutroficación, es importante disminuir el fósforo que entra en la zona de agua, y a la vez, reducir la elución desde el fósforo del sedimento del fondo.

Hay 2 fósforos en el sedimento de fondo: fósforo orgánico y fósforo inorgánico, y este último supera al otro en su cantidad. El fósforo orgánico es difícil de descomponerse, y su elución en el agua es poca. Por lo tanto, el fósforo inorgánico es importante desde el punto de vista de la eutroficación.

Como fósforo inorgánico, existe fósforo combinado con hierro (Fe-P), fósforo combinado con aluminio (Al-P), fósforo combinado con calcio (Ca-P), etc. Se dice que, en condiciones aerobias, cualquier fósforo inorgánico es estable, sin embargo, en condiciones anaerobias, es fácil la lixiviación del fósforo combinado con hierro y la del fósforo combinado con aluminio, el fósforo combinado con calcio es estable. Además, se sabe que el fósforo en el sedimento del fondo se convierte en un fósforo combinado con calcio por el esparcimiento de la cal.

En la gráfica 1-3, se muestra la cantidad de lixiviación del fósforo desde el sedimento del fondo esparcido de la cal (400g/m² de cal viva), de Urogide la Bahía de Mikawa donde la eutroficación se ha desarrollado.

En comparación con la zona de referencia, es poca la cantidad de lixiviación del fósforo en la zona esparcida, y es evidente el efecto de inhibición de la lixiviación por cal.

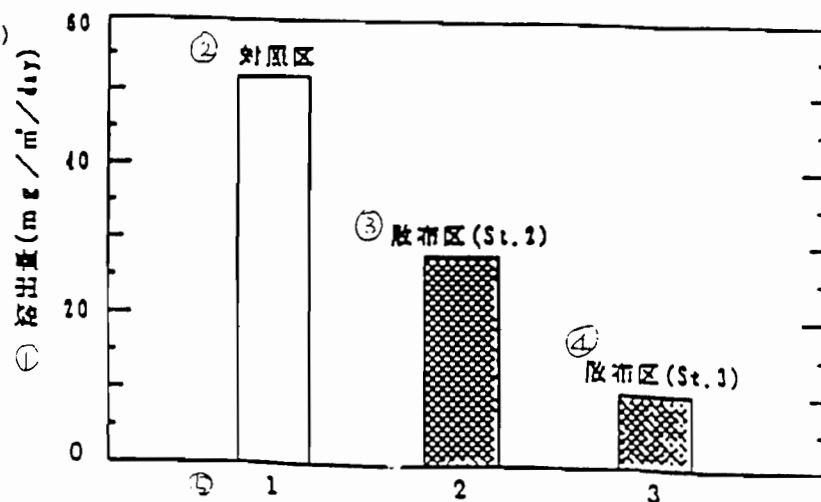
① Cantidad de lixiviación (mg/m²/día)

② Zona de referencia

③ Zona esparcida (St. 2)

④ Zona esparcida (St. 3)

⑤ Zona esparcida



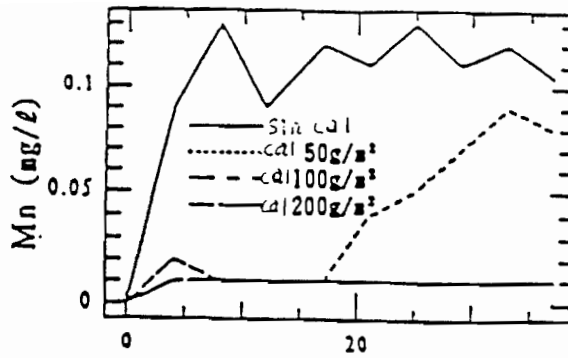
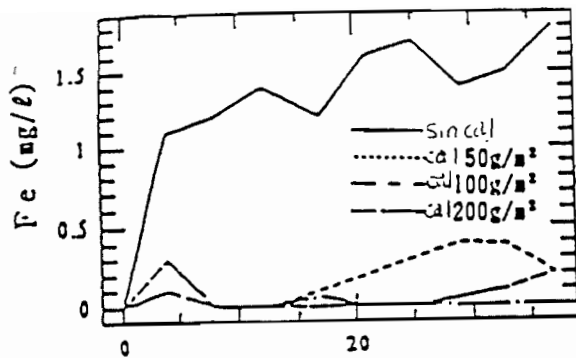
Gráfica 1-3 Inhibición de la elución del fósforo por el esparcimiento de la cal 70)

1-4 Inhibición de la lixiviación del hierro y el manganeso desde el sedimento de fondo

Cuando el agua del fondo del mar y el sedimento se encuentran en un estado escaso de oxígeno, se disuelven en el agua los metales pesados tales como; hierro, manganeso, etc., siendo reducidos. Estos son componentes indispensables para la proliferación de las algas marinas, y al mismo tiempo, son las sustancias que coloran el agua. Por lo tanto, para mejorar el medio ambiente, es necesario frenar la lixiviación excesiva de estos componentes desde el sedimento de fondo.

El Sr. Funasaka 61) y sus colegas aclararon el efecto de freno a la lixiviación del hierro, el manganeso, etc. desde el sedimento de fondo por el esparcimiento de la cal bajo condiciones anaerobias. Se muestra su resultado en la gráfica 1-4.

Se observa que se frena la lixiviación del hierro desde el sedimento de fondo por esparcimiento de la cal a más de 50g/m², y la del manganeso se detiene notablemente a más de 100g/m².



Número de días transcurridos

Número de días transcurridos

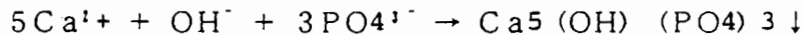
Gráfica 1-4 Inhibición de la lixiviación del hierro y el manganeso desde el sedimento del fondo por esparcimiento de la cal 61)

Sección 2 Mejoramiento del medio ambiente de aguas

2-1 Eliminación del fósforo en el agua

La cal también tiene el efecto de disminuir el fosfato en el agua. Porque, cuando el pH es 9 o más, el calcio ionizado reacciona con el del fósforo, convirtiéndose en precipitado del hidróxido de fosfato cálcico, que es químicamente estable, y se fija en el sedimento del fondo.

La fórmula de su reacción es la siguiente:



El fósforo en el agua, en su mayor parte, tiende a precipitarse en condiciones aerobias, y a redisolverse en condiciones anaerobias. Cuando el fósforo se convierte en hidróxido de fosfato cálcico estable, siendo inactivado por esparcimiento de la cal, se disminuye la relixiviación del fósforo en condiciones anaerobias, resultando muy favorable desde el punto de vista de la conservación de las zonas de agua.

Cabe mencionar que este hidroxilo de fosfato cálcico es el mismo que el

componente del hueso y el diente, y está comprobado su carácter inocuo a los seres y los organismos vivientes.

2-2 Aceleración en la precipitación del lodo flotante en el agua

Generalmente, las bahías interiores tienen el precipitado blando que contiene mucha materia orgánica (En lo sucesivo se le llamará lodo contaminado.) y su superficie es muy inestable. Esta parte se clasifica en 3 estratos: agua, estrato del lodo flotante (estrato de suspensión) y estrato de lodo. El estrato en que la descomposición se desarrolla más activamente es el del lodo flotante (se le llama estrato de neferoide también), y principalmente aquí se hacen la formación del hidrógeno sulfúrico, la lixiviación del fósforo, el consumo del oxígeno en el agua, etc.

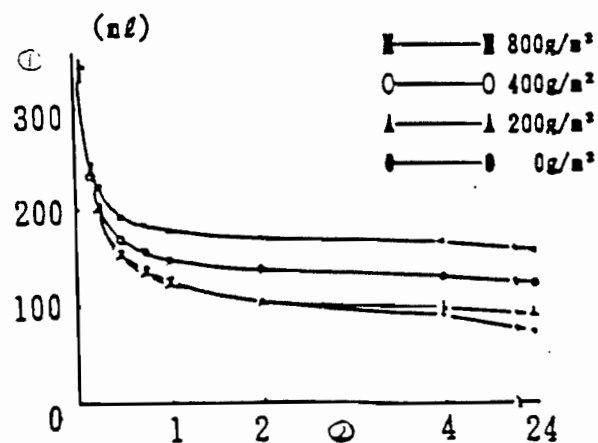
Por lo tanto, si se puede convertir el estrato del lodo flotante en el de lodo, al flocular y precipitar el flotante, se prevendrá la formación del hidrógeno sulfúrico y la lixiviación del fósforo, eliminando una de las causas de la generación de la masa de agua escasa de oxígeno, y se puede esperar la detención de su surgimiento.

En la gráfica 1-5 50), se muestra el resultado de la prueba del efecto de la floculación y la precipitación del lodo flotante por esparcimiento de la cal viva, realizada con el lodo contaminado del mar de Uragori de la Bahía de Mikawa.

⊙ Volumen del lodo contaminado (ml)

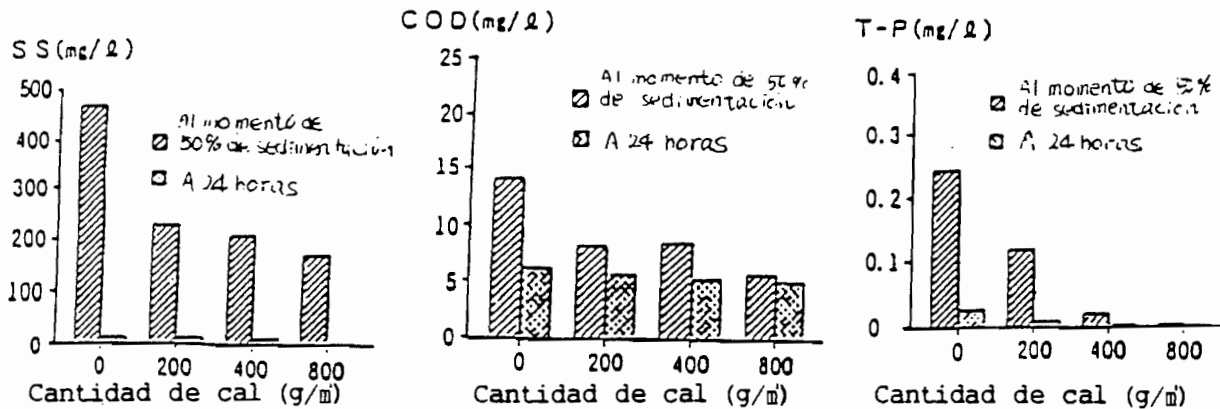
⊙ Tiempo transcurrido (horas)

Gráfica 1-5 Relación entre la cantidad del uso de cal y la sedimentación del lodo contaminado 50)



Mientras no se agregaba la cal, estaba separado en 3 estratos; el agua, el estrato del lodo flotante y el estrato del lodo, sin embargo, después de haberse agregado la misma, siendo floculado el estrato de la cal, se aceleró la floculación, aumentando la sedimentación, y a la vez, desapareció el estrato del lodo flotante. Quedaron 2 estratos, el agua y el lodo, dejando el agua más transparente.

A continuación, en la gráfica 1-6, se muestra el resultado del análisis de la calidad del agua al momento en el que el 50% de sedimentación en el agua clarificada en la parte de arriba y a 24 horas después. Según este resultado, al agregar la cal más de 200g/m³, se disminuyeron SS, COD y T-P en dicha agua. Especialmente, era notable el efecto de la eliminación por sedimentación de SS y T-P a 24 horas.



Gráfica 1-6 Cantidad de agregación de cal y calidad del agua clarificada en la parte de arriba (60)

En la prueba de duración de la sedimentación realizada paralelamente, la sedimentación a 2 semanas y a 1 mes era casi igual que inmediatamente después del esparcimiento.

Este efecto de aceleración de floculación y sedimentación del lodo flotante, producido por la cal, es muy efectivo en relación con otras medidas para purificaciones del agua y el sedimento de fondo.

Como medidas de mejoramiento del medio ambiente en las zonas de agua, cuyo sedimento del fondo está contaminado por la eutroficación, frecuentemente se hace dragado del lodo contaminado, pero para realizarla, es necesario tomar en consideración las siguientes medidas.

- (1) La contaminación secundaria por la difusión del lodo contaminado en las zonas contiguas de agua marina.
- (2) La disminución del efecto del dragado por el mismo lodo contaminado vuelto y el entrante de alrededor.
- (3) La influencia de la generación del hidrógeno sulfúrico a los peces y animales marinos
- (4) La provocación de la marea roja por la elución de las sales nutrientes tales como; el fósforo, el nitrógeno, etc.
- (5) La contaminación secundaria por el agua sucia que sale del lodo contaminado dragado

Por otro lado, es evidente que el esparcimiento de la cal tenga un efecto en aceleración de la floculación y la sedimentación, prevención de la generación del hidrógeno sulfúrico, freno a la lixiviación del fósforo, etc. Por lo tanto, se espera el mejoramiento a gran escala de los puntos pendientes arriba mencionados, al aprovechar el dragado y el esparcimiento de la cal al mismo tiempo.

Capítulo 2 Efecto de la cal en el tratamiento de dragado del lodo contaminado

Debido a que la manipulación del lodo contaminado dragado (Se le llama lodo dragado contaminado a lodo dragado del fondo del mar incluyendo el lodo contaminado) es difícil por su alto porcentaje del contenido de agua, y que suele contener sustancias como hidrógeno sulfúrico, aceite, metales pasados, etc., cuando se maneja el lodo contaminado dragado sin ningún tratamiento, es preocupante la influencia al ambiente del rededor. Según las últimas

investigaciones, se aclararon los efectos de descontaminación tales como; el impedimento de la generación del hidrógeno sulfúrico, el freno a la lixiviación de fósforo, aceite, metales pesados, etc. y el de la estabilización del suelo del lodo contaminado por la agregación de la cal en el lodo contaminado dragado.

sección 1 Efecto para la descontaminación

1-1 Efecto de inhibición del olor del lodo contaminado dragado

Se realizó una prueba utilizando el limpiador de mar, agente mejorador de cal, para frenar el olor de los sulfurados, que es la causa principal del olor del lodo contaminado dragado. En lo sucesivo, en esta sección, el agente mejorador de cal se refiere al limpiador de mar.

En la gráfica 2-1, se muestra el resultado de la medición de la densidad del hidrógeno sulfúrico del lodo contaminado, reposado durante 2 días después de haber agregado una cierta cantidad de limpiador de mar, y en la gráfica 2-2 se presenta el resultado de la medición de la densidad del olor, realizada por medio de la prueba organoléptica olfativa a través del uso de bolsa de olor con método comparativo de 3 puntos.

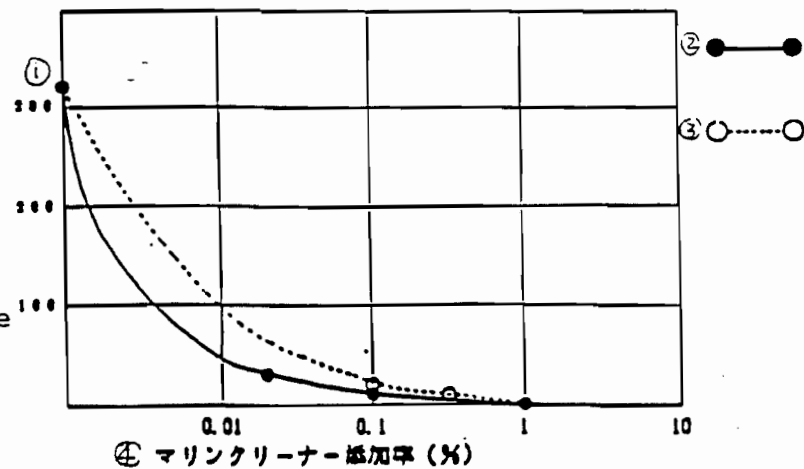
① Densidad del hidrógeno sulfúrico (ppm)

② Limpiador de mar #730

③ Limpiador de mar #721

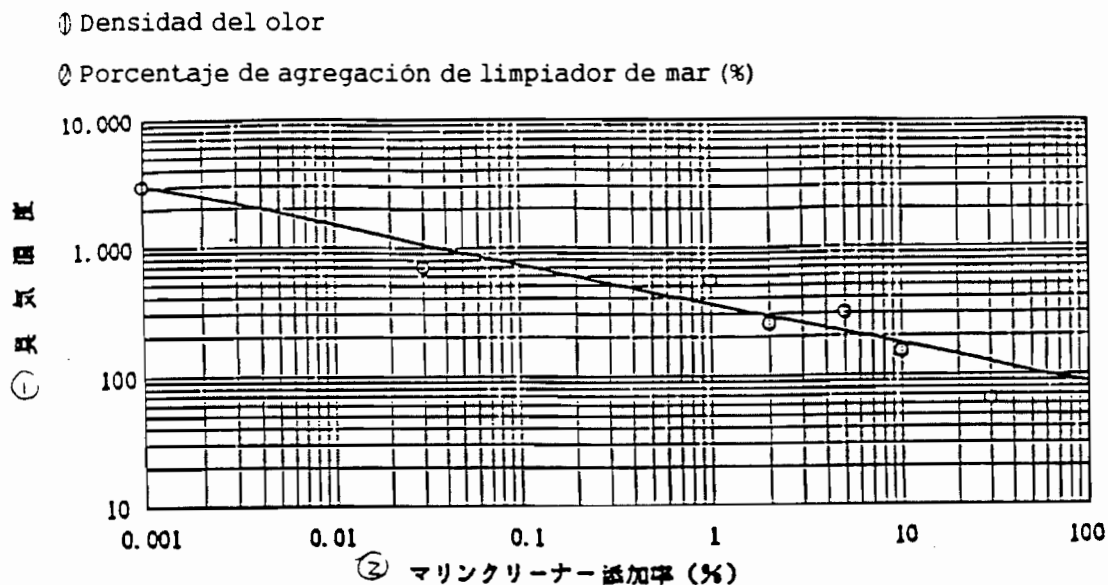
④ Porcentaje de agregación de limpiador de mar (%)

Gráfica 2-1 Relación entre el porcentaje de agregación del limpiador de mar y la densidad del hidrógeno sulfúrico 1)



Como se señala en la gráfica 2-1, al agregar 1% o más de limpiador de mar, no se detectó el hidrógeno sulfúrico, que se había tenido al principio con 310 ppm. En cuanto al metil mercaptano y el metil sulfúrico, como el lodo contaminado no los contenía, no se pudo confirmar el efecto. La densidad del olor, como se muestra en la gráfica 2-2, disminuyó notablemente con la agregación de limpiador de mar #730.

Por lo que se refiere a la calidad del olor, se reconoció el hidrógeno sulfúrico con menos de 1% de aditivo, sin embargo, con 1% o más, no se detectó en absoluto.

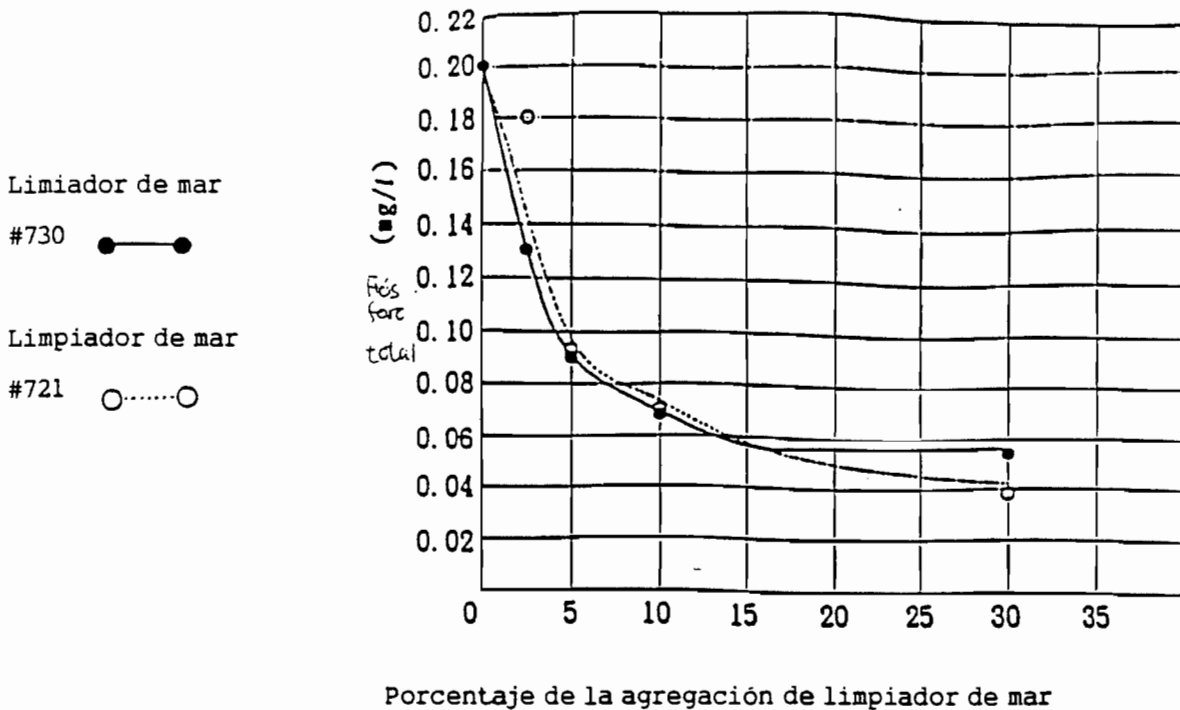


Gráfica 2-2 Efecto de inhibición del olor detectado por la prueba por sensación 4)

1-2 Efecto de inhibición de la lixiviación del ácido fosfórico ionizado

Cuando se gana terreno al mar con el lodo contaminado, se disuelve la sal nutriente que contiene el lodo contaminado, en el agua que sale de la tierra ganada, lo cual puede provocar el fenómeno de eutroficación. Sin embargo, se sabe que el fósforo reacciona con la cal, y se sedimenta como fosfato de calcio.

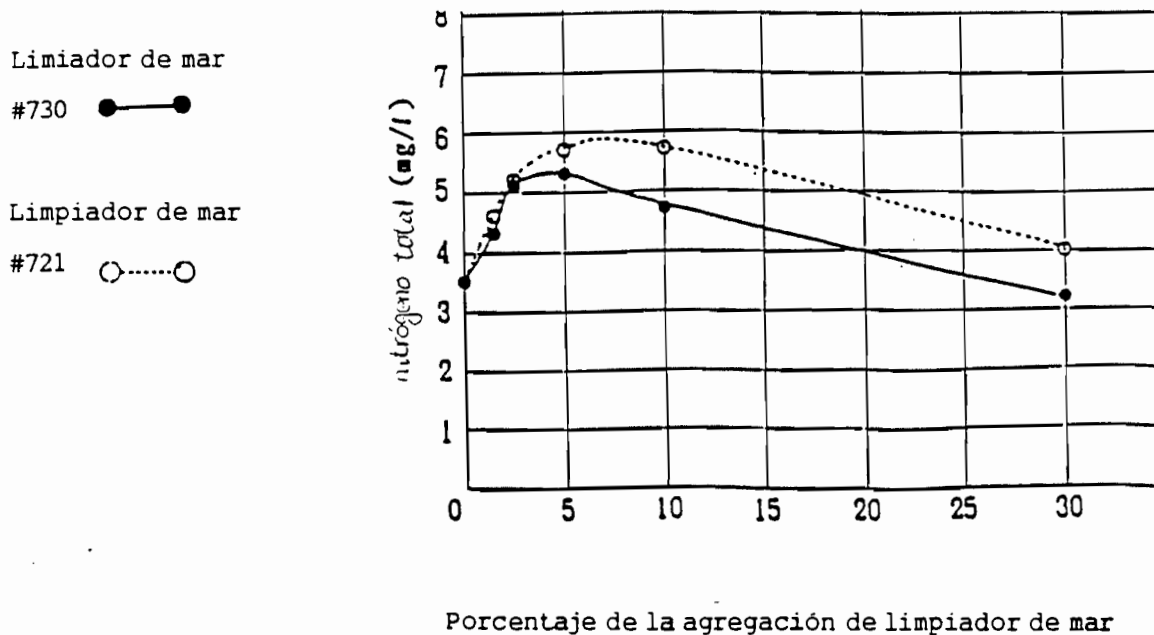
Por eso, se realizó la prueba de lixiviación, agregando el limpiador del mar al lodo contaminado. En la gráfica 2-3 y la 2-4, se muestran respectivamente los resultados de la medición del ion de ácido fosfórico y el nitrógeno total del liquido filtrado obtenido.



Gráfica 2-3 Relación entre el porcentaje de la agregación de limpiador de mar y la densidad de la lixiviación del fósforo 1)

Como se ve claramente en la gráfica 2-3, la densidad del fósforo disminuyó conforme a que fue aumentándose la agregación del limpiador de mar. Especialmente hasta con un 5% de agregación, se observó una disminución rápida de la densidad de la lixiviación. La causa de esto, como se mencionó en el Capítulo anterior, es el fosfato ionizado fue captado por él de calcio.

En cuanto al nitrógeno total, como se muestra en la gráfica 2-4, no se observó el efecto de la inhibición con la agregación de limpiador de mar, sino al contrario se observó una tendencia al aumento. Se considera que la causa es que se aceleró la lixiviación del nitrógeno de amoníaco.

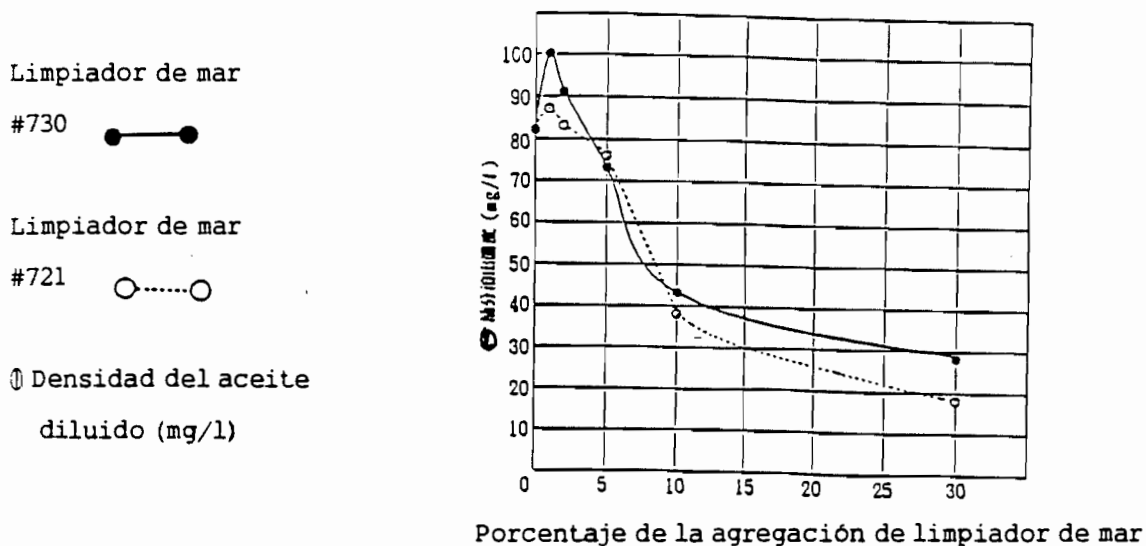


Gráfica 2-4 Relación entre el porcentaje de la agregación de limpiador de mar y la densidad de la elución del nitrógeno total 1)

1-3 Efecto de inhibición de la lixiviación de aceite en el lodo dragado contaminado

Desde tiempos antiguos, en el campo de la industria calera, como tratamiento de la fuga de aceite se utiliza la cal viva en polvo para absorber el aceite. Y en el extranjero, se usa la cal como agente endurecedor del aceite escapado en un siniestro marítimo. 31) Además, la cal tiene efecto de absorción y detención ante las sustancias tales como; ácido húmico, ácido poliacrílico, ácido fenólico, etc. Tomando en cuenta estos puntos, se realizó la prueba de inhibición de la lixiviación de aceite en el lodo contaminado dragado utilizando limpiador de mar.

Se mezcló el limpiador de mar a relación 0, 1, 2, 5, 10 y 30 de peso en 20g del lodo contaminado con 1g de aceite pesado agregado, y se dejó en reposo durante un día. Luego, se agregó 200ml de agua del mar, se sacudió y se agitó. Después, se midió el aceite en el líquido claro en la parte de arriba. En la gráfica 2-5, se muestra su resultado.



Gráfica 2-5 Relación entre el porcentaje de la agregación de limpiador de mar y la densidad de la elución del aceite 1)

Se observó el efecto de inhibición de la lixiviación de aceite a más de 10% de agregación de limpiador de mar. El porcentaje de inhibición de la lixiviación fue de 50 a 77%. En lo que se refiere a la consolidación de los componentes del aceite pesado en el agua del mar, la lixiviación del aceite fue menos de 1/4, a más de 10% de agregación de cal. (Véase la tabla 2-1.)

Tabla 2-1 Efecto de inhibición de la lixiviación en el agua del mar

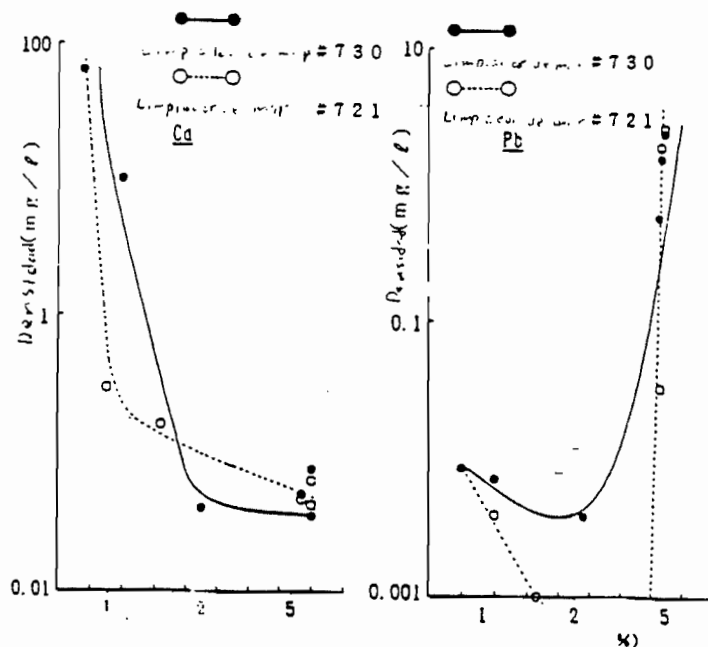
Porcentaje de agregación de limpiador de mar	Cantidad de aceite en el agua del mar
0 %	0.635 mg/l
4.8 %	0.265 mg/l
9.1 %	0.151 mg/l
33.3 %	0.017 mg/l

1-4 Efecto de inhibición de la lixiviación de metal pesado en el lodo dragado contaminado

Se realizó la prueba de lixiviación de metal pesado agregando sal metálica pesada de varios tipos en el lodo dragado contaminado .

Se hicieron muestras ficticias con 1 kg de lodo contaminado agregando 27 g por cada uno de sal metálica pesada; Hg, Pb, Cd, Cr6+ y As. En estas muestras se mezcló el limpiador del mar a relación 0, 1, 2, 5, 10 y 30% de peso, y se le añadió 10% de agua pura. Después de haberse sacudido durante 6 horas seguidas con el sacudidor, se midió el metal pesado en el liquido filtrado.

En la gráfica 2-6 y la 2-7, se muestra la relación entre el limpiador de mar y la densidad de lixiviación.



Porcentaje de agregación
del limpiador de mar (%)

Porcentaje de agregación
del limpiador de mar (%)

Gráfica 2-6 Relación entre el porcentaje de la agregación de limpiador de mar y la densidad de la lixiviación 1)

- ① Limpiador de mar #730 ③ Densidad (mg/l)
- ② Limpiador de mar #721
- ⑤ Limpiador de mar #730 ⑦ Densidad (mg/l)
- ⑥ Limpiador de mar #721

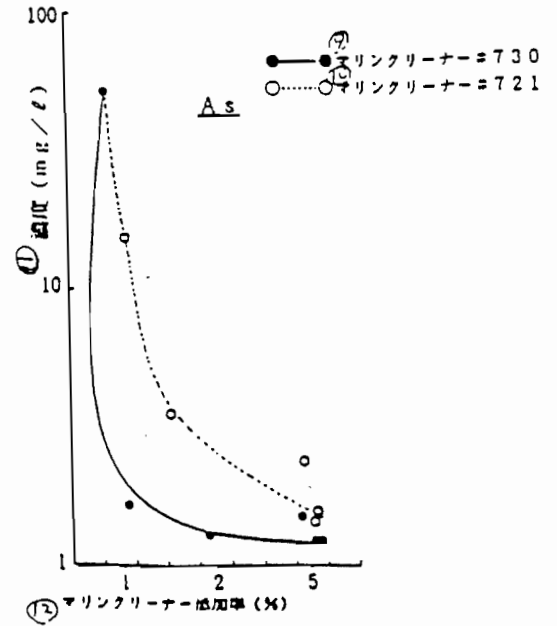
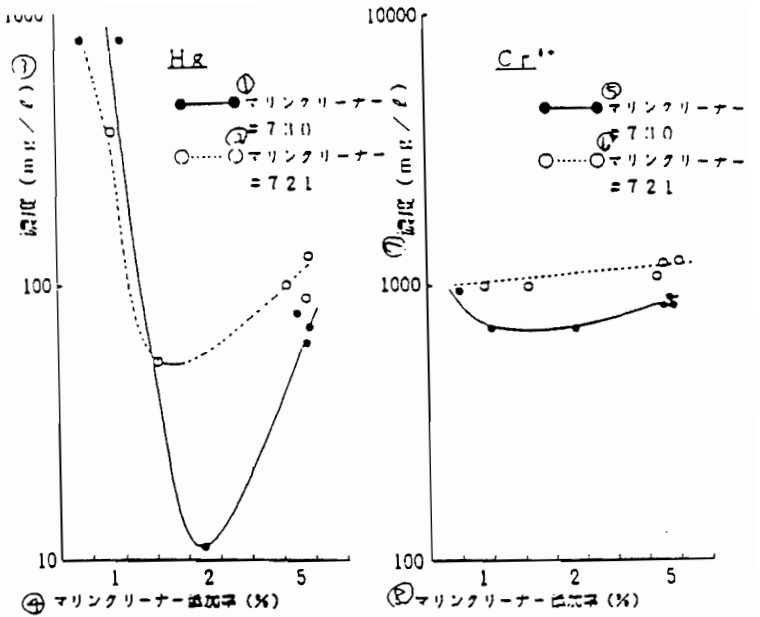
④ Porcentaje de agregación del limpiador de mar (%)

⑧ Porcentaje de agregación del limpiador de mar (%)

⑨ Limpiador del mar #730 ⑩ Densidad (mg/l)

⑬ Limpiador de mar #721

⑫ Porcentaje de agregación del limpiador de mar (%)



Gráfica 2-7 Relación entre el porcentaje de la agregación de limpiador de mar y la densidad de la lixiviación 1)

Sobre el arsénico y el cádmio, conforme aumentó la cantidad agregada (elevación de pH), se observó una disminución rápida en la densidad de la lixiviación. Sin embargo, el cambio de la densidad de la lixiviación fue poco aún con más del 2% de agregación (pH 9.6). En cuanto al mercurio y el plomo, con 2% de agregación (pH 9.6), mostró el valor más bajo de la densidad de la lixiviación, pero subiendo más el porcentaje de agregación, aumentó la densidad de la lixiviación. Especialmente, en el caso del plomo, alrededor del 5% (pH 12.5) de agregación, se observó un incremento de 60 a 300 veces mayor con respecto al caso de sin agregación.

Por lo que se refiere al cromo de 6 valencias, hasta el 2% de agregación (pH 9.6), disminuyó un poco, pero se observó un pequeño aumento con más de 2%. De tal manera que el efecto del limpiador de mar difiere dependiendo de cada metal pesado, y se debe tener cuidado. Con 2% de agregación de limpiador de mar (pH 9.6), se observó un efecto de freno a la lixiviación en todas las sales metales pesadas que se midieron.

1-5 Efecto de la esterilización de bacterias nocivas en el lodo dragado contaminado dragado

Es bien sabido que las bacterias en el lodo contaminado disminuyen notablemente al utilizar la cal como agente floculante en el tratamiento de la floculación y precipitación en las aguas residuales de alcantarilla. De modo que se midió el número de bacterias con las muestras de lodo de fondo sin agregación de cal viva y otras con agregación de la misma con varias proporciones de mezcla, después de haber hecho incubación de cada tipo de bacteria en cada uno de los lodos de fondo bajo la misma condición, y haberlas conservado durante determinados días.

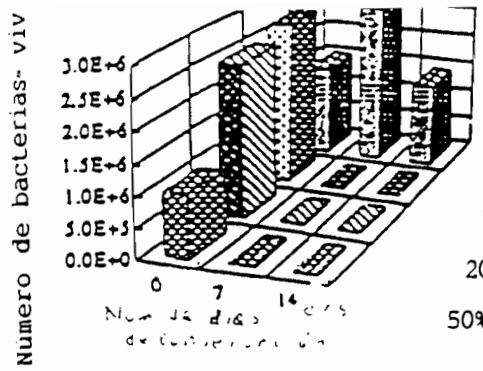
En la tabla 2-2 y la gráfica 2-8, se muestra su resultado.

Tabla 2-2 Influencia del tratamiento de cal viva a la prosperidad y la desaparición de bacterias vivas 68)

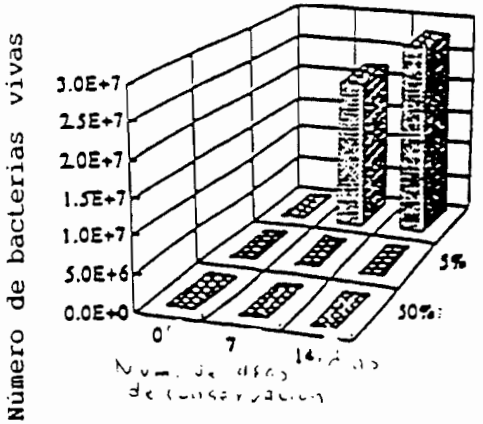
Tipo	Medio de incubación	Días de conservación	Número de bacterias vivas (Núm/g)			
			Sin agregación	5% de agregación de cal viva	20% de agregación de cal viva	50% de agregación de cal viva
Moho	Lecho de agar-agar de incubación de	0 día	70	Neg./0.1 g	Neg./0.1 g	Neg./0.1 g
		7 días	1.0×10^2	Neg./0.1 g	Neg./0.1 g	Neg./0.1 g
		14 días	2.0×10^2	Neg./0.1 g	Neg./0.1 g	Neg./0.1 g
Levadura	dextrosa de papa	0 día	Neg./0.1 g	Neg./0.1 g	Neg./0.1 g	Neg./0.1 g
		7 días	30	Neg./0.1 g	Neg./0.1 g	Neg./0.1 g
		14 días	Neg./0.1 g	Neg./0.1 g	Neg./0.1 g	Neg./0.1 g
Bacteria normal	Lecho de agar-agar estándar	0 día	1.5×10^4	2.7×10^4	2.5×10^4	1.0×10^4
		7 días	2.7×10^4	3.2×10^4	2.1×10^4	1.1×10^4
		14 días	1.4×10^4	1.8×10^4	1.2×10^4	6.4×10^3

Salmo- nella (Bacteria en forma de barra sin espora)	Agar agar estándar	0 día	4.6×10^4	100 max.	-	100 max.
		7 días	2.2×10^7	100 max.	-	100 max.
		14 días	2.8×10^7	100 max.	-	100 max.
Legio- nera (Bacte- ria de suelo)	BCYE	0 día	9.1×10^5	100 max.	-	100 max.
		7 días	1.1×10^4	100 max.	-	100 max.
		14 días	6.2×10^4	100 max.	-	100 max.
Soleus (Bacteria en forma de barra con espora)	Agar agar estándar	0 día	2.2×10^4	2.8×10^4	-	2.8×10^4
		7 días	2.0×10^5	4.3×10^4	-	100 max.
		14 días	1.3×10^6	8.3×10^4	-	100 max.
Botuli- nus ba- cillus (Bacteria en forma de barra con espora)	Agar agar de GAM con yema	0 día	5.3×10^4	2.0×10^4	-	1.2×10^4
		7 días	6.2×10^4	3.6×10^4	-	100 max.
		14 días	7.4×10^4	100 max.	-	100 max.

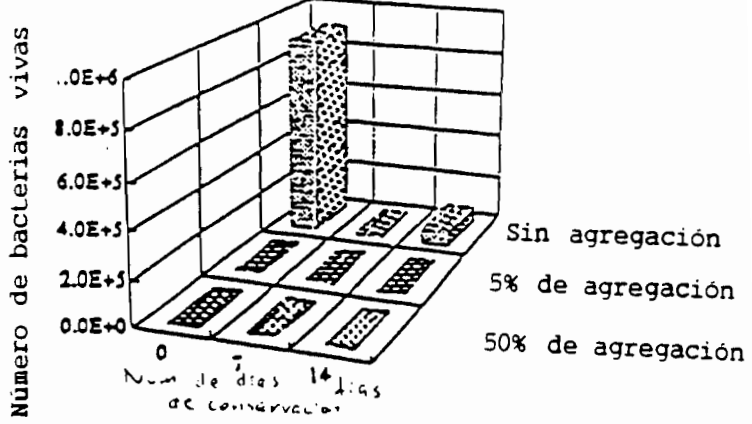
> COMO ver el eje del valor numérico >
 1.0E+6 es igual a 1.0x10⁶



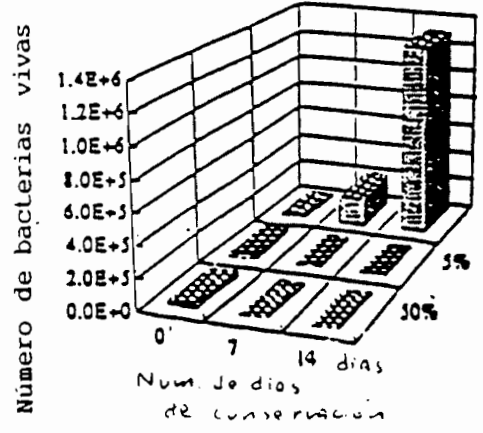
Salmonella



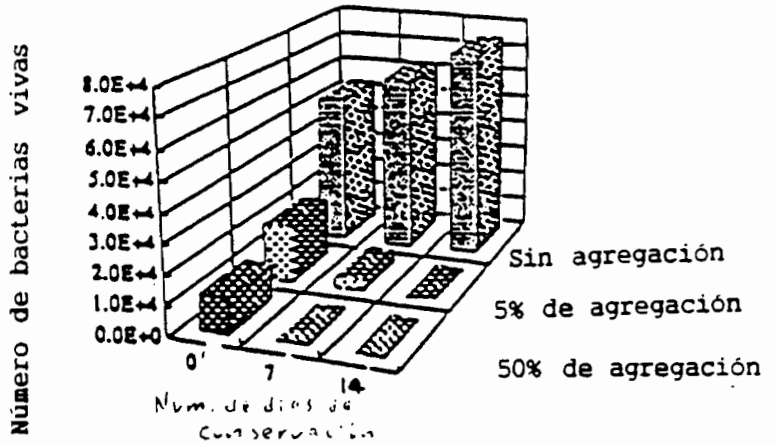
Legionela



Soleus



Botulinus bacillus



Gráfica 2-8 Influencia del tratamiento de cal viva prosperidad y la desaparición de bacterias vivas 68)

En el caso de las bacterias normales que no forman espóra, dedesaparecieron casi todos inmediatamente después de la agregación de la cal viva.

Y en el caso de las bacterias que forman espóra, el número de bacterias vivas disminuyeron en proporción con la cantidad agregada de la cal y el tiempo transcurrido. Se considera que la razón por la que estas últimas bacterias no mueren de inmediato es que la cal viva disuelve alcalizadamente el exterior de la bacteria, y se requiere cierta alcalinidad y tiempo.

Se deduce que cuando la temperatura sube hasta de 80 a 120 °C por la reacción exotérmica por hidratación de la cal viva, ocasionada por la mezcla de dicha cal con el lodo de fondo, las bacterias se desactivan notablemente (se esterilizan) por esta elevación de la temperatura. Por ejemplo, ejemplo, en caso de botulinus, la resistencia al calor de la espóra de la bacteria misma depende del tipo de toxina, pero en general se desactiva totalmente en 4 minutos a 120 °C, y en 20 minutos a 80 °C.

Sobre la toxina que se produce de la espóra, se desactivan totalmente en 1 ó 2 minutos a 100 °C. De modo que se supone lo siguiente: Aún con las bacterias que forman espóra, relativamente resistentes a la invasión desde el alrededor, se logrará la disminución de las vivas y la desactivación de los elementos tóxicos bastante más rápido que el resultado de esta prueba, bajo la condición en que se hace resolución al alcalinizar y a la vez se calienta.

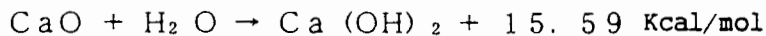
Por lo tanto, se reconoció que la cal viva tenía el efecto de frenar la proliferación de los microorganismo en el suelo, especialmente de los que habitaban extensamente el lodo de fondo y en el suelo y que se conocen como los que causan las enfermedades del microorganismo, más perjudiciales al cuerpo humano.

Sección 2 Efecto de estabilización

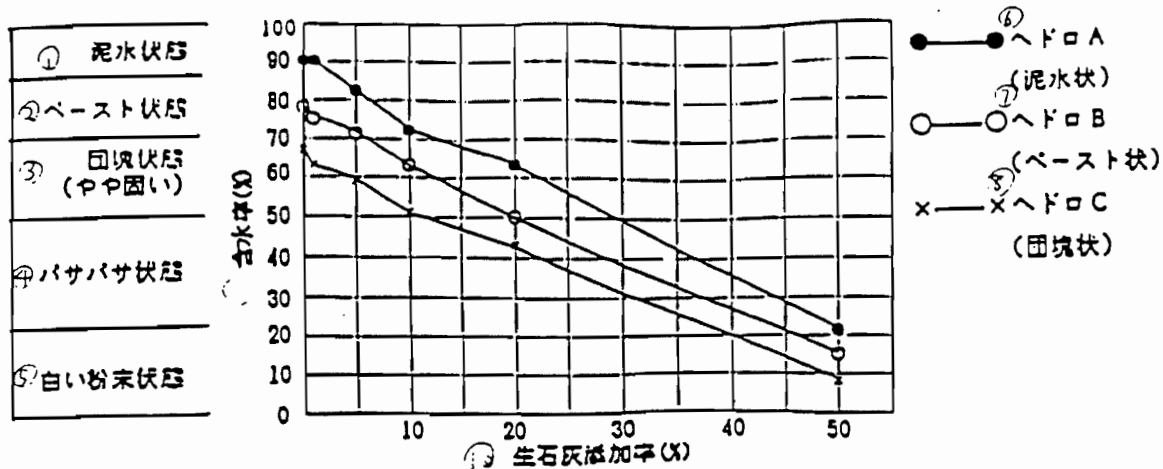
Generalmente el lodo contaminado que se draga y se descarga a la tierra es de estructura granulométrica de fango fino o de arcilla con materia orgánica, con olor extraño y alto contenido de agua, y requiere algún tratamiento. La cal viva tiene efecto de deshidratación (bajar el contenido de agua) y el de consolidación (mejorar la resistencia a la compresión uniaxial).

2-1 Efecto de deshidratación del lodo dragado contaminado

Se puede disminuir la humedad del lodo contaminado por el calor generado de la reacción de hidratación de la cal viva.



En la gráfica 2-9, se muestra el resultado de haber reposado 3 lodos contaminados con diferentes contenidos de agua por 24 horas, después de haberles agregado la cal natural.



- ① Estado de agua lodosa
- ② Estado de pasta
- ③ Estado de masa (Un poco duro)
- ④ Estado seco
- ⑤ Estado en polvo blanco
- ⑥ Lodo contaminado A (Estado de agua lodosa)
- ⑦ Lodo contaminado B (Estado pasta)
- ⑧ Lodo contaminado C (Estado de masa)
- ⑨ Contenido de agua (%)
- ⑩ Porcentaje de agregación de la cal viva (%)

Gráfica 2-9 Porcentaje de agregación de la cal viva y el contenido de humedad en el lodo contaminado 2)

El porcentaje de agua del lodo contaminado disminuye conforme al aumento de la agregación de la cal viva. El porcentaje óptimo de la agregación depende del contenido original de agua del lodo contaminado, sin embargo, es deseable la agregación de más del 10% en relación con el lodo contaminado, desde el punto de vista de la propiedad.

2-2 Efecto de consolidación del lodo dragado contaminado

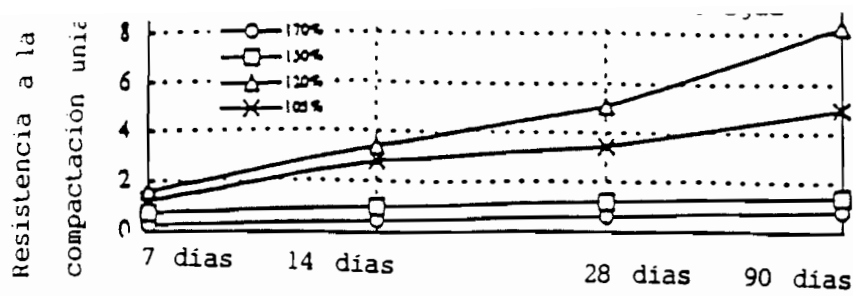
Respecto a la característica de la resistencia, en caso de aprovechar el lodo contaminado dragado con tratamiento de consolidación, como material de ingeniería civil y tierra para el relleno, se realizó una prueba básica en el interior utilizando el lodo de fondo dragado del Lago Kojima como muestra. La muestra es el lodo contaminado con propiedad que se muestra en la tabla 2-3. Como su relación natural del contenido de agua es aproximadamente de 200 a 300%, después de haber bajado previamente dicha relación haciendo el tratamiento de deshidratación mecánica forzada con decantador (primera deshidratación), se hizo tratamiento de consolidación agregándole la cal viva.

Tabla 2-3 Propiedad básica del lodo de fondo del
Lago Kojima y sus componentes químicos 68)

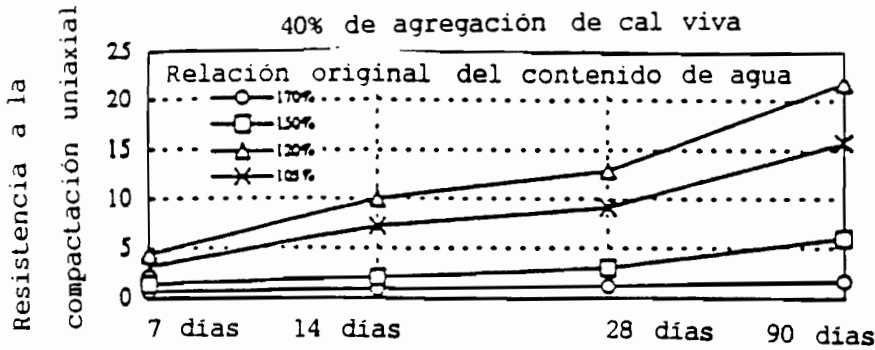
Concepto		Lodo de fondo A	Lodo de fondo B	Compo- nente	Lodo de fondo A	Lodo de fondo B
Relación de contenido de agua (%)		221.3	289.4	SiO ₂	57.94	57.31
Peso específico (g/cm ³)		2.64	2.68	Al ₂ O ₃	16.98	17.22
Limite de liquidez (%)		88.0	89.8	Fe ₂ O ₃	6.21	6.57
Limite de plasticidad (%)		38.1	36.3	CaO	1.43	1.31
Índice de plasticidad (%)		49.9	53.5	MgO	1.89	2.08
pH		5.9	5.7	Na ₂ O	1.85	1.81
Gra- nulo- met- ria	Grava (2.0 mm min.)	0	0	K ₂ O	2.37	2.32
	Arena(0.075 ~ 2.0 mm)	1.9	1.7	TiO ₂	0.71	0.73
	Limo + Arcilla (0.075 mm max.)	88.1	88.3	MnO	0.03	0.03
	Clasificación unificada del suelo de Japón	Arcilla orgánica (OH)	Arcilla orgánica (OH)	S	0.46	0.73
	Diámetro de la partícula max.(μm)	600	600	T-P	0.18	0.12
	Diámetro de la partícula promedio(μm)	11.84	9.87	T-N	0.59	0.37
Apariencia, color, olor	Lodo contaminado viscoso de color oscuro. Emite un olor leve a huevos podridos.		Pér- dida igni- ción	600℃	8.53	8.48
				1000℃	9.48	9.52

En la prueba se utilizó como muestra básica el lodo deshidratado a determinado porcentaje de contenido de agua, al cual posteriormente se deshidrató nuevamente, agregando cierta cantidad de cal viva, y se elaboró en la probeta, consolidando la muestra con el molde a la densidad calculada con el resultado de la prueba de compactación. Esta prueba se hizo de acuerdo con el método 1-1 de A 1210 de JIS (Norma japonesa). Después de haber reposado por determinados días, se realizó la prueba de resistencia a la compresión uniaxial.

En la gráfica 2-10, se muestra su resultado. La cantidad agregada de material sólido está señalada en porcentaje del peso con relación al peso seco del lodo de fondo.



Nivel de resistencia con que se puede traer las máquinas pesadas para la construcción $q_u = 3 \text{ kg/cm}^2$ mínimo



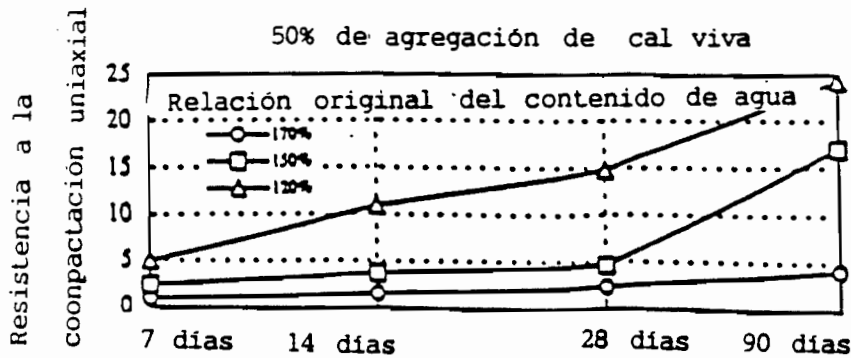
Relación original del contenido de agua 150%

Nota: 60/40

60 de cal viva

40 de escoria granulada

por agua en alto horno



Nivel de resistencia al soporte de cimientos de la base de la construcción $q_u = 10 \text{ kg/cm}^2$ mínimo

Días de reposo

Gráfica 2-10 Relación entre la resistencia a la compactación uniaxial y el número de días de reposado 68)

Como se puede observar en este resultado de la prueba, cuando la relación del contenido de agua es 150% o más, se tiene que agregar una cantidad mayor de cal viva para obtener la resistencia deseada, y no se puede lograr suficientemente la resistencia en corto tiempo, sino se requiere bastante tiempo de reposo.

Viendo la tendencia de la obtención de la resistencia, cuando se agrega de 40% a 50% de cal viva al establecer la relación del contenido de agua alrededor del 120%, la resistencia en los primeros instantes es la más alta, aumenta la resistencia en poco tiempo, y posteriormente se muestra una buena tendencia a que la resistencia vaya aumentando gradualmente.

Por lo tanto, logramos el resultado de que para el uso de obras civiles, es efectivo el método de ajustar el lodo de fondo de alta relación del contenido de agua para que sea de 120% a 150% a través de la primera deshidratación, y mezclar agregando la cal viva de 40% a 50%, o aumentar la resistencia con la cal compuesta de escoria.

Capítulo 3 Estudios de mejoramiento del medio ambiente por agentes mejoradores de la cal y resultado de su ejecución

Sección 1 Historial de los estudios de mejoramiento del medio ambiente

El objetivo original de los estudios del mejoramiento del ambiente del agua marina mediante el esparcimiento de cal, fue prevenir la generación del hidrógeno sulfúrico en las piscifactorías de especies marinas en extención. Posteriormente, la Dirección General de Pesca ubicó el esparcimiento de cal como medida a la prevención de la marea roja, y a partir de 1978, en plan de 3 años, se realizaron las pruebas de mejoramiento de la calidad del agua y sedimento de fondo por medio de la cal como "Prueba para el Desarrollo Técnico contra la Marea Roja" de la Dirección General de Pesca en el Laboratorio de Piscicultura de Hamashima de la Prefectura Mie (Actual Centro Técnico de Piscicultura de la Prefectura de Mie), entre otros laboratorios. Se hicieron estudios detallados en amplio campo incluyendo el mecanismo de la generación del hidrógeno sulfúrico, el efecto de su detención, prosperidad y disminución de la sal nutriente. Los resultados de estos estudios canalizaron al desarrollo de los de la tecnología de mejoramiento del ambiente de las zonas de agua cerradas y los de mejoramiento del lodo contaminado dragado, no limitándose al mejoramiento de la pesquera, y han sido proporcionados informes útiles por muchos institutos de investigaciones y organizaciones privadas.

En cuanto a las zonas de agua dulce, en 1992, fue elaborado "Estudios sobre el Mejoramiento del Ambiente por Cal en las Zonas de Agua Dulce" por el Centro de Inspección de la Sanidad Pública de la Prefectura Gifu (Fundación de utilidad pública con personalidad jurídica), encargado por la Asociación Japonesa de la Industria Calera, y se dilucidaron globalmente los efectos de la utilización de la cal tales como; el freno al consumo del oxígeno del sedimento

de fondo, la desactivación del fósforo, la detención de la proliferación de las algas, la detención de la elución del metal pesado, los cuales no se habían aclarado hasta entonces, así como la influencia al sistema ecológico de lagos y pantanos, etc.

Además, se ha realizado el desarrollo global de mejoramiento sobre los agentes mejoradores de cal y el método de su ejecución.

A continuación en la tabla 3-1, se muestra el historial de pruebas y estudios sobre el mejoramiento de la calidad del agua y el sedimento de fondo por medio de la cal.

Sección 2 Método de ejecución del mejoramiento del medio ambiente

2-1 Agentes mejoradores de la cal

Hoy en día, se utiliza la cal viva, la cal apagada, el limpiador del mar, etc. como agente mejorador de cal para mejorar el medio ambiente en las zonas de agua marina.

Anteriormente la cal viva en terrón era lo más usado como agente mejorador de cal por su economía y facilidad de desintegración. Sin embargo, había problemas: era peligroso por la generación de calor durante el esparcimiento, contaminaba el rededor volviéndose polvo, salía al área que no se sometía a su ejecución, la desintegración era irregular, etc. Entonces, con el fin de disminuir estos problemas y mejorar el efecto, se desarrolló el "limpiador de mar", agente mejorador de cal para la calidad del agua y el sedimento de fondo, con multicomponentes y caracteres abajo señaladas.

- 1) Seguro y fácil de manejar (Granulado en forma de almendra / en pasta aguada)
- 2) No contamina el medio ambiente y los seres vivos (Se puede controlar pH)
- 3) Alta eficiencia (Diseño y ejecución de acuerdo con el objetivo del mejoramiento)

El limpiador del mar es granulado en forma de almendra (foto 3-1) para ajustar los componentes efectivos y ser manejado con facilidad, conforme al objetivo de mejoramiento de la calidad de agua y el sedimento de fondo, y a la característica de la zona de agua objetivo.

Este agente mejorador granulado, a diferencia del de polvo, impide la contaminación de la atmósfera no volviéndose polvo durante su esparcimiento, y la salida al área fuera de aplicación, y además, por su propiedad de auto-desintegración, se desintegra gradualmente en el agua, y cuando llega al fondo del mar, cubre ampliamente la superficie del fondo. En cuanto al agente mejorador en pasta aguada (foto 3-2), cuando se esparce en la superficie del agua, se puede mejorar la calidad del agua, produciendo un efecto inmediato en la precipitación de suspensoide, y cuando se inyecta el agente mejorador

directamente al sedimento de fondo bajando la boquilla en el mar, se acelera el efecto de mejoramiento del sedimento de fondo por el efecto cultivador, ya que se esparce el agente mejorador agitando el lodo contaminado.

Por otro lado, para tratar el lodo contaminado dragado, la cal viva es apropiada como agente mejorador por su economía y eficiencia.

A continuación, en la tabla 3-2 se muestra un ejemplo de calidad característica de los agentes mejoradores de cal, y en la tabla 3-3, el modo de aplicación de los agentes mejoradores de cal.

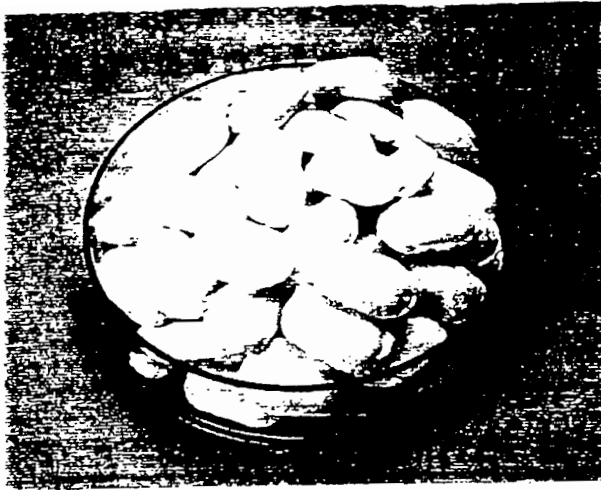
(Nota) Se cuenta con el limpiador de lago como agente mejorador de cal en las zonas de agua dulce.

Tabla 3-2 Calidad característica de los agentes mejoradores de cal

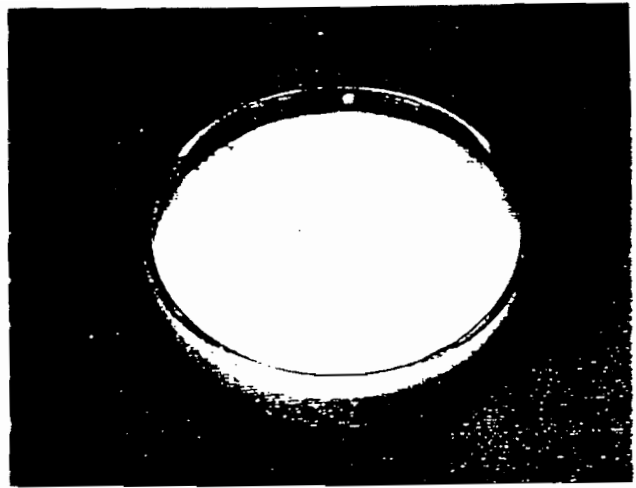
Calidad característica	Tipo	Limpiador del mar #730	Limpiador del mar #010	Cal viva
1 Forma		Granulada	Pasta aguada (10% de concentración)	Granulada
2 Granulometría		28.5 x 20 mm	100 μ max.	5 ~ 40 mm
3 Peso específico de la masa		1.00 ~ 1.10	1.10 max.	1.0
4 Resistencia a la compresión (Estilo Edificio de madera, Kg)		30 min.	-	-
5 Auto-desintegración				
Agua pura (20°C)		En 28 segundos	-	En 28 segundos
Agua marina (20°C)		En 32 segundos	-	En 32 segundos
6 Solubilidad (Agua g/100g 20°C)		0.165	0.165	0.165
7 Componentes químicos (Ejemplo de análisis) (%)				
CaO		89.2	7.1	90.0 min.
MgO		0.7	0.08	-
SiO ₂		0.3	0.03	-
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃		0.2	0.003	-
Iq,loss		9.6	92.76	-
Nota: Hay muchos tipos tales como; #721, #631, etc.				

Tabla 3-3 Modo de aplicación de los agentes mejoradores de cal.

Propósito de uso	Tipo de agente mejorador de cal	Dosis	Nota
Medidas para prevenir la generación de la marea azul y la roja	Limpiador del mar #730 (Granulado)	200 ~ 500 g/m ³	Como la marea azul y la roja tienden a generarse en verano, es conveniente que se esparza antes, o sea en primavera.
Medidas para prevenir la generación de la masa escasa de oxígeno	Limpiador del mar #730 (Granulado)	200 ~ 500 g/m ³	Como la masa de agua escasa de agua se desarrolla en el fondo del mar después de la temporada de lluvia, es conveniente que se esparza antes, o sea en primavera.
Medidas a la turbiedad	Limpiador del mar #010 (Pasta agua-da, 10% de concentración)	2 ~ 5 l/m ³	Tiene el efecto de precipitar la turbiedad en el agua para cuando se genere la misma durante la operación de dragado o cuando se presente la marea roja
Tratamiento del lodo contaminado (Desodorización, consolidación, deshidratación)	Cal viva (Granulado)	20 ~ 100 Kg/t-lodo contaminado con agua	Mezclar bien el lodo contaminado con la cal viva, empleando retroexcavadora, pala, mezclador, etc. que se utilizan para el tratamiento de la estabilización del suelo con cal.



3 - 1



3 - 2

Foto 3-1 Limpiador de mar (granulado)

Foto 3-2 Limpiador de mar (en pasta aguada)

2-2 Método de ejecución

2-2-1 Mejoramiento del medio ambiente en la calidad del agua y el sedimento de fondo -

A continuación se presenta el método de ejecución de mejoramiento del medio ambiente en la calidad de agua y el sedimento de fondo, con la utilización del agente mejorador de cal en las zonas de agua cerradas eutrofizadas, en la piscifactoría cuya productividad ha bajado a causa del uso durante mucho tiempo, etc.

1) Agente mejorador a utilizar

Utilizar como agente mejorador el limpiador de mar granulado o en pasta aguada.

2) Tiempo de ejecución

A. Cuando el agua del fondo se vuelve en un estado escaso de oxígeno, es decir, antes de la lixiviación del fósforo y el hidrógeno sulfúrico desde el sedimento de fondo. (Primavera)

B. Cuando la calidad del agua está en pésima condición en verano.

3) El estándar de la cantidad de esparcimiento del agente mejorador es de 200

a 500 g/m³ por evento. Sin embargo, hay ocasiones en que se hace sobre-esparcimiento, dependiendo del grado de contaminación en la zona del mar en cuestión y la cantidad de carga de afluencia.

4) Uso paralelo con otros métodos de mejoramiento

Se puede aumentar el efecto de mejoramiento al hacer uso paralelo con el dragado, el recubrimiento de arena, etc. En el caso de dragado, es efectivo esparcir antes y después del mismo, ya que se floclula, se precipita y se mejora el sedimento del fondo.

En el caso de recubrimiento de arena, al hacer esparcimiento antes del mismo, se puede prevenir la inversión entre la arena y el lodo contaminado, desplegando más el efecto de dicho recubrimiento.

5) Método de esparcimiento

Se puede esparcir manualmente o con máquina.

A. Manual: Se esparce manualmente para el mejoramiento de la calidad del agua en la ejecución a escala pequeña hasta aprox. 20,000 m³, el lugar limitado, o en caso de emergencia. Se muestra el ejemplo en la foto 3-3.



3 - 3

Foto 3-3 Esparcimiento manual desde la bolsa del producto granulado.

B. Esparcimiento con máquina: Es apropiado para hacer un esparcimiento eficiente en una amplia área mayor de 30,000 a 50,000 m³. Para esparcir el agente mejorador granulado y en pasta aguada, se han desarrollado los equipos tomando en cuenta los siguientes puntos.

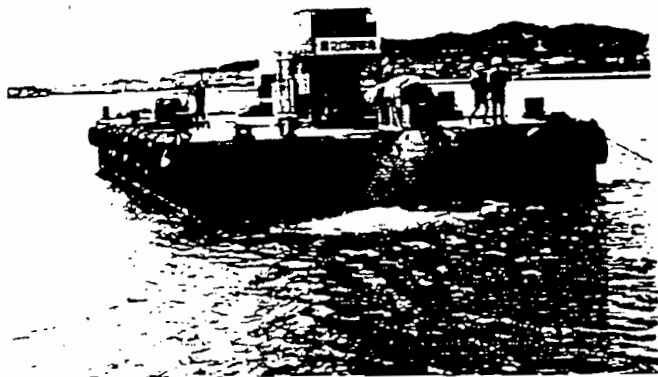
- ① Alta eficiencia de operación (Tipo instalado en banco de barco)
- ② Alta presión de esparcimiento (Esparcimiento uniforme en área amplia)
- ③ No producir polvo (Doble rociado en la boca de salida)

④ Poder esparcir el agente mejorador en pasta aguada directamente al sedimento de fondo en el agua. (Efecto cultivadora) Se muestra su especificación en la tabla 3-4, y sus ejemplos en las fotos 3-4 y 3-5.

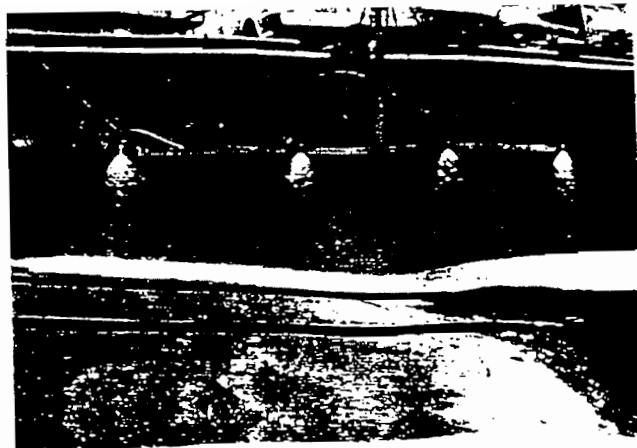
Tabla 3-4 Especificación y capacidad de equipos de esparcimiento

	Granulado	En pasta aguada
Equipo de esparcimiento	Equipo de esparcimiento de la fuerza centrífuga del tipo instalado en banco de barco de 18 m	Boquilla de esparcimiento del ángulo abierto del tipo instalado en barco de banco de 18 m
Maniobra de barco	Maniobra de barco con cabrestante de 15 caballos de fuerza	Maniobra de barco con cabrestante de 15 caballo de fuerza
Ancho de esparcimiento	15 m	10.5 m (en caso de 4 juegos)
Velocidad de esparcimiento	105m ³ /min.	105m ³ /min.
Capacidad de esparcimiento	60kg/min. a 400g/m ³	9 (Agua) : 1 (agente mejorador) 120m ³ /min.
Capacidad de instalación	Capacidad de tolva: 8t	Capacidad de cisterna con agitador de alta velocidad de 2 filas: 8t
Prevención de polvo	Aparato de doble rociado en frente de la boca de salida	_____

Colaboración de Sekinoguchi Kaiji Co., Ltd.



3 - 4



3 - 5

Foto 3-4 Esparcimiento del producto Foto 3-5 Prueba de inyección de pasta
granulado con máquina en barco grande aguada con máquina en draga de bomba

2-2-2 Tratamiento del lodo dragado contaminado

A continuación se presentan los métodos de las medidas de desodorización, la prevención de la lixiviación de metales pesados, el tratamiento estabilizador como mejoramiento de fluidez, etc., con el dragado del lodo contaminado en las zonas de agua eutroficada y las piscifactorías envejecidas.

1) Agente mejorador a utilizar

Es recomendable la cal viva común en forma granulada por su costo y efecto. En la tabla 3-2 se mostraron sus ejemplos.

2) Cantidad a agregar del agente mejorador

Agregando aproximadamente 2 ~ 10% con respecto al peso del lodo contaminado, se puede esperar un excelente efecto de mejoramiento, aunque esto depende de los objetivos del mejoramiento tales como; las medidas a la desodorización, la prevención de lixiviación de metales pesados, el mejoramiento de fluidez por deshidratación, etc.

Asimismo, la cantidad a agregar depende también de las características del lodo contaminado, por lo que es bueno que se defina dicha cantidad haciendo la prueba previamente en el laboratorio antes de la ejecución.

3) Método de tratamiento

Después de haber hecho el mejoramiento agregando la cal viva en cantidad adecuada, se realiza el tratamiento de rellenamiento, etc.

Básicamente, se ejecuta de acuerdo con el método de tratamiento de la tierra sobrante con cal realizado en el campo del mejoramiento del suelo.

El tratamiento de mejoramiento del lodo contaminado no requiere máquinas o dispositivos especiales. Es bueno que se utilice retroexcavadora existente que se emplea para el tratamiento de la tierra sobrante, o que se se haga con planta de tratamiento.

2-3 Precauciones sobre el manejo de agentes mejoradores de la cal

Como agente mejorador hay 2 tipos; cal (cal viva y cal apagada) y limpiador de mar.

La cal no es una sustancia tóxica restringida por la Ley de Control de Sustancias Tóxicas, ni es sustancia peligrosa indicada por la Ley contra Incendios. Sin embargo, la cal viva genera calor al reaccionar con agua, y la cal tiene alto grado de alcalinidad. En cuanto al limpiador del mar, hay de forma granulada y en pasta aguada. Como ambos contienen gran cantidad de cal, se requieren las mismas precauciones que con la cal. A continuación, se mencionan los puntos de precaución.

2-3-1 Precauciones

1) Calor de reacción (Generación de calor)

La cal viva (óxido cálcico) y el limpiador del mar granulado son incombustibles, pero al reaccionar con agua, produce la cal apagada (hidróxido cálcico) generando el calor. Si sucede una reacción repentina de generación de calor, puede inflamar combustibles.

Si se acumula en gran cantidad, corre el peligro de subir fácilmente la temperatura a 300°C aproximadamente. Es importante no permitir tener contacto con el agua durante el almacenamiento o el transporte. Para el recipiente, es recomendable que sea incombustible y hermético.

2) Alta alcalinidad

La cal y el limpiador del mar no tienen tan notable alcalinidad como la sosa cáustica o la potasa, pero tiene alto grado de alcalinidad, por lo que si tiene contacto con la piel o con los ojos, suele causar inflamación por su carácter estimulante. Asimismo, si se inhala, puede ocasionar bronquitis. Hay que tratar en lo más posible de no tener contacto con la piel y los ojos, y evitar inhalarlos.

Es recomendable usar protecciones. Como protección, se enumeran; las antiparras de seguridad, la máscara contra el polvo, los guantes de hule, las botas, etc.

2-3-3 Primeros auxilios

1) Si tiene contacto con los ojos

Lavarse los ojos con agua limpia lo más rápido posible sin perder ni un segundo durante 15 minutos, y luego recibir la atención médica. Para lavarse los ojos hay que abrirlos con los dedos de tal manera que el agua se extienda de cabo a cabo en los ojos y los párpados.

2) Si se pega en la piel

Lavarla con mucha agua hasta que desaparezca la sensación resbaladiza, ya que es sustancia de alto grado alcalinidad.

3) Si se inhala

Trasladarse inmediatamente a un lugar de aire fresco, hacer gárgaras y lavarse la cavidad nasal. Luego, tratar de tranquilizarse, mantener la temperatura y recibir rápidamente atención médica. En caso de que la respiración esté parada, hacerle respirar artificialmente, y si se le dificulta la respiración, administrarle inhalaciones del oxígeno.

4) Si se traga

Vomitarse de inmediato y recibir atención médica.

2-3-3 Conservación y desecho

Se pueden utilizar la cal y el limpiador de mar sobrantes como sustitutos de fertilizante de cal.

Si la cantidad es grande, se deberá decidir el trato o la manera de desecho consultando con el distribuidor o el proveedor.

Para una conservación provisional, se deberá guardarlos en bolsas o recipientes herméticos en un lugar donde no le caiga el agua de lluvia.

Sección 3 Resultado de la ejecución de mejoramiento del medio ambiente

3-1 Piscifactoria

3-1-1 Piscifactoria de animales marinos

Desde alrededor de 1955, en la Bahía de Ago de la Prefectura de Mie, conocida como origen de la perla, la industria de pesquera decayó a causa del cultivo de la ostra perlifera ejercida durante largos años, y se generó el hidro sulfúrico perjudicial debido al empeoramiento de la calidad del agua y el sedimento de fondo, y por consecuencia, las ostras proliferas han muerto prematuramente. Como medidas a esto, los pescadores esparcieron cal por su propia iniciativa, y descubrieron experimentalmente que la cal tenía efecto en el mejoramiento del medio ambiente de la cultura de animales marinos. En 1971, el Gobierno de la Prefectura Mie trató y exhortó el esparcimiento de la cal como proyecto de asistencia, y esto condujo a que se difundiera en toda la Bahía de Ago. Posteriormente como resultado de los estudios que hechos desde 1978 por el Laboratorio de Piscicultura de la Prefectura de Mie y otras instituciones, en 1982 fue elaborado el "Manual de Mejoramiento de Sedimento del Fondo" por la Dirección General de Pesca. En la Bahía de Ago, sigue esparciéndose la cal todos los años.

3-2-1 Piscifactoria de peces

En 1983, en la Bahía de Gokasho de la Prefectura de Mie, el medio ambiente de la pesquera empeoró, ocasionando la marea roja, la masa carente de oxígeno y el hidrógeno sulfúrico, y la gran cantidad de huachinangos y "hamachi" (*Seriola quinqueradiata* cultivada) murieron, por lo que el Municipio de Nanzei trató, como proyecto de asistencia, el esparcimiento de cal (cal viva) en la piscifactoria de huachinango y el "hamachi", y obtuvo resultados. Asimismo, se ha esparcido cal (cal viva) en la piscifactoria de huachinango de la Prefectura Yamaguchi, la de "hamachi" de la Bahía de Uranouchi de la Prefectura Kochi, entre otras, obteniendo resultados.

3-2-1 Piscifactoría de alga marina

La Bahía de Matoya de la Prefectura de Mie es conocida como lugar productor de algas verdes. Sin embargo, como el volumen de producción disminuyó a consecuencia del empeoramiento de la calidad del agua y el sedimento de fondo, se esparció cal (cal viva) en la piscifactoría de algas verdes, y obtuvieron resultados.

Asimismo, se realizó el esparcimiento de la cal (cal viva) en la piscifactoría de la Bahía de Uranouchi de la Prefectura de Kochi.

3-2 Zonas de agua cerradas

Posteriormente se han hecho muchos estudios sobre el mejoramiento del medio ambiente mediante el esparcimiento de la cal. Se han proporcionado muchos informes útiles sobre la detención a la lixiviación del fósforo del sedimento del fondo, la detención al hidrógeno sulfúrico, la aceleración de floculación y precipitación del lodo flotante, freno al consumo de oxígeno del sedimento del fondo, la toxicidad aguda en peces y animales marinos etc, y desde alrededor de 1989 se ha probado en varios lugares como medidas a la eutroficación en las zonas marinas. Por poner un ejemplo, desde 1989 en 3 años, la Prefectura de Aichi realizó una prueba de medidas a la prevención de la marea azul por medio del esparcimiento del agente mejorador de cal en Uragori de la Bahía de Mikawa donde los seres vivos acuáticos fueron perjudicados por la generación de la marea roja, la masa carente de oxígeno, la marea azul, etc. a causa del progreso de la eutroficación. Con base en este resultado, la Prefectura de Aichi está realizando también un proyecto de mejoramiento del medio ambiente a gran escala mediante el esparcimiento del agente mejorador de cal combinado con dragado.

A continuación, se muestran resultados reales de los proyectos de mejoramiento por medio del esparcimiento de agentes mejoradores de cal en las zonas marinas (incluyendo unas partes de zonas de agua dulce).

Resultados reales de los proyectos de mejoramiento por medio del esparcimiento de agentes mejoradores de cal

Signos	
Q: Cal viva	L: Limpidor de lago
H: Cal apagada	M: Limpidor de mar

Agua marina

<Región Chubu>

Año	Lugar	Objetivo	Superficie	Cantidad esparcida	Agente mejorador	Método
1955~	Bahía de Ago, Ptra. de Mie	Prevención de H ₂ S en piscifactoría de perlas			Q terrón	Manual
1971	'	'	100 mil m ²	20.00 t	'	'
1972	'	'	350 mil m ²	68.00 t	'	'
1973	'	'	100 mil m ²	20.00 t	'	'
1974	'	'	100 mil m ²	20.00 t	'	'
1975	'	'	520 mil m ²	103.00 t	'	'
1976	'	'	1200 mil m ²	238.00 t	'	'
1977	'	'	1350 mil m ²	271.00 t	'	'
1978	'	'	600 mil m ²	118.00 t	'	'
1978	Bahía de Ago, Ptra. de Mie	Medidas a la marea roja en piscifactoría de perlas		200 g/m ²	Q terrón	Manual
1979	Bahía de Ago. Ptra. de Mie	Prevención de H ₂ S en piscifactoría de perlas	1300 mil m ²	264.00 t	Q terrón	Manual

«Región Chubu» - Continuación -

Año	Lugar	Objetivo	Superficie	Cantidad esparcida	Agente mejorador	Método
1980	Bahía de Ago, Ptra. de Mie	Prevención de H,S en piscifactoria de perlas	1200 mil m	223.00 t	Q terrón	Manual
1981	'	'		303.00 t	'	'
1982	'	'		537.00 t	'	'
1983	'	'		461.00 t	'	'
1983	Bahía de Matoya, Ptra. de Mie	Mejoramiento de piscifactoria de algas verdes		20.00 t	'	'
1983	Bahía de Gokasho, Pta. de Mie	Mejoramiento de piscifactoria de "hamachi y huau- chinango"		60.00 t	Q terrón	Manual
1984	Bahía de Ago, Ptra. de Mie	Prevención de H,S en piscifactoria de perlas		382.00 t	Q terrón	Manual
1984	Bahía de Matoya, Ptra. de Mie	Mejoramiento de piscifactoria de algas verdes		65.00 t	Q terrón	Manual
1984	Bahía de Gokasho, Pta. de Mie	Mejoramiento de piscifactoria de "hamachi y huau- chinango"		140.00 t	Q terrón	Manual

<Región Chubu> - Continuación -

Año	Lugar	Objetivo	Superficie	Cantidad esparcida	Agente mejorador	Método
1985	Bahía de Ago, Ptra. de Mie	Prevención de H,S en piscifactoria de perlas	200 mil m ²	40.34 t	Q terrón	Manual
1985	Bahía de Matoya, Ptra. de Mie	Mejoramiento de piscifactoria de algas verdes		65.00 t	Q terrón	Manual
1985	Bahía de Gokasho, Pta. de Mie	Mejoramiento de piscifactoria de "hamachi" y huau-chinango		140.00 t	Q terrón	Manual
1986	Bahía de Ago, Ptra. de Mie	Prevención de H,S en piscifactoria de perlas	200 mil m ²	39.86 t	Q terrón	Manual
1987	'	'	230 mil m ²	45.36 t	'	'
1988	'	'	230 mil m ²	44.70 t	'	'
<p>* A partir de 1988, en la Bahía de Ago de la Prefectura Mie, se realiza el esparcimiento por cada cooperativa de pescadores.</p>						
1989	Bahía de Mikawa, Ptra. de Aichi	Prevención de marea azul	14.4 mil m ²	2.88 t	Q granu- lado	Manual
1990	'	Prevención de turbiedad y marea azul	24 mil m ²	7.00 t	M granu- lado	Manual
1991	'		2.5 mil m ²	2.00 t	'	'

<Región Chubu> - Continuación -

Año	Lugar	Objetivo	Superficie	Cantidad esparcida	Agente mejorador	Método
1992	Bahía de Mikawa, Ptra. de Aichi	Mejoramiento ambiental	47 mil m ²	1.00 t	M granu- lado	Con má- quina
1992	Bahía de Ago, Ptra. de Mie	Masa de agua carente de oxí- geno	18 mil m ²	10.00 t	M granu- lado	Manual
1993	Bahía de Mikawa, Ptra. de Aichi	Mejoramiento ambiental	25.8 mil m ²	10.50 t	M granu- lado	Con má- quina
1993	'	'	5 mil m ²	2.50 t	'	'
1994	'	'	59.7 mil m ²	23.90 t	'	'
1995	'	'		15.00 t	'	'

<Región Shikoku>

Año	Lugar	Objetivo	Superficie	Cantidad esparcida	Agente mejorador	Método
1986	Bahía de Uranouchi, Ptra. de Kochi	Mejoramiento de piscifactoría de alga	600 m ²	0.21 t	Q terrón	Manual
1987	Bahía de Uranouchi, Ptra. de Kochi	Mejoramiento de pesquera	60 mil m ²	12.00 t	Q terrón	Manual

<Región Shikoku> -Continuación -

Año	Lugar	Objetivo	Superficie	Cantidad esparcida	Agente mejorador	Método
1988	Bahía de Uranouchi, Ptra. de	Mejoramiento de pesquera		250g/m ²	'	'
1989	Kochi de Uranouchi, Ptra. de Kochi	Mejoramiento de piscifactoria		250g/m ²	Q terrón	Manual

<Región Chugoku>

Año	Lugar	Objetivo	Superficie	Cantidad esparcida	Agente mejorador	Método
1986	Bahía de Senzaki, Ptra. de Yamaguchi	Mejoramiento de piscifactoria	15 mil m ²	30.00 t	Q terrón	Manual
1987	'	'	15 mil m ²	30.00 t	'	'
1989	'	'	15 mil m ²	30.00 t	'	'
1992	'	'	15 mil m ²	30.00 t	'	'

<Región Tohoku>

Año	Lugar	Objetivo	Superficie	Cantidad esparcida	Agente mejorador	Método
1992	Bahía de Ofunato, Ptra. de Iwate	Prevención de masa escasa de oxígeno	10 mil m ²	5.00 t	M granulado	Manual
1993	'	'	10 mil m ²	5.00 t	'	'
1994	'	'	100 m ²	60 kg	'	'

Agua dulce

Año	Lugar	Objetivo	Superficie	Cantidad esparcida	Agente mejorador	Método
1960-	Municipio de Yamakoshi, Ptra. de Niigata	Desinfección y esterilización, mantenimiento de calidad del agua		200t/año	Q H granuladas	Manual
1988	Rio Ota, Ptra. de Kochi			200g/m ²	Q granulada	Manual
1988	Lago Kojima de Ptra. de Okayama				Q terrón	Con máquina
1991	Laguna Ogase, Ptra. de Gifu	Prevención de "water bloom"	2.5 mil m ²	42/kg	L pasta aguada	Con máquina

Agua dulce - Continuación -

Año	Lugar	Objetivo	Superficie	Cantidad esparcida	Agente mejorador	Método
1993	Presa de Hirono, Ptra. de Fukui	Prevención de marea roja en agua dulce	1300 mil m ²	50.00 t	Granu- lado	Manual

Capítulo 4 Seguridad de los agentes mejoradores de la cal

Como los agentes mejoradores de cal son sustancias alcalinas, si se esparcen en gran cantidad en el mar, es difícil evitar la elevación del pH. Sin embargo, hablando del mejoramiento del medio ambiente en las zonas de agua marina donde la contaminación ha progresado a causa de la eutroficación, se ha aclarado a través de los casos ejecutados en el interior del país como en el exterior, que se puede minimizar la elevación del pH y acercarlas al sistema ecológico normal que se tenía antes de haberse contaminado.

Asimismo, en Europa y en el interior del país, sobre todo en la Prefectura de Niigata, se han utilizado durante muchos años los agentes mejoradores de cal como un requisito indispensable para la cultivo de peces de agua dulce, especialmente de carpas, tencas, etc.

En las piscifactorias, se suministran el gas carbónico y los minerales en el agua a consecuencia de la descomposición de la materia orgánica del lodo de fondo, y se prolifera plancton vegetal por medio de la fotosíntesis. Con base en este plancton, se forma la cadena alimenticia: Plancton vegetal → Plancton animal → Peces.

Se dice que el principal efecto de la utilización de los agentes mejoradores de cal en las piscifactorias es proliferar el plancton vegetal, suministrando constantemente el gas carbónico en el agua y acelerando la fotosíntesis, y el segundo efecto es activar los seres vivos elevando el pH en el agua y aumentando la capacidad reguladora.

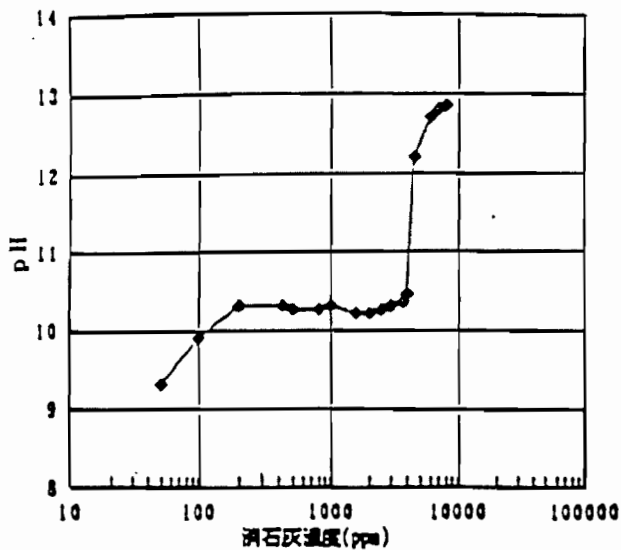
De modo que los agentes mejoradores de cal son de alta seguridad para los seres vivos si se emplean correctamente.

Sección 1 pH del agua marina

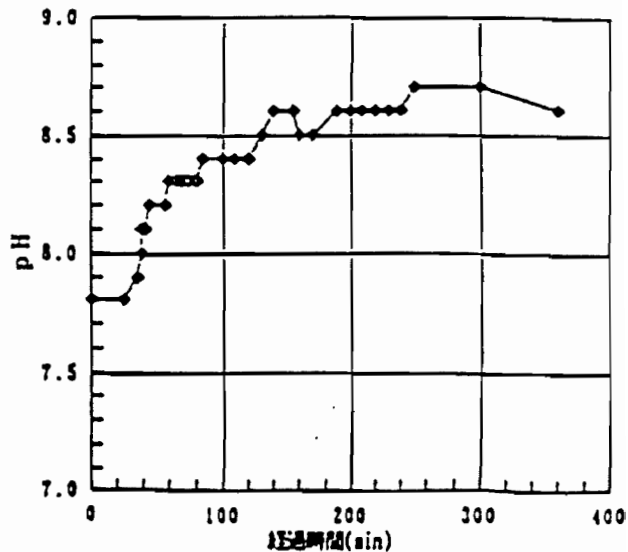
Como el agua marina tiene la capacidad reguladora para moderar el cambio

del pH, no siempre muestra la elevación teórica del pH de acuerdo con la cantidad agregada de álcali

En la gráfica 4-1 23) se muestra un ejemplo del resultado de la prueba realizada en el Laboratorio de Piscicultura de la Prefectura de Kumamoto, sobre el comportamiento del pH del agua marina de cuando se agrega la cal apagada en la misma.



Densidad de la cal apagada (ppm)



Tiempo transcurrido (min.)

Gráfica 4-1 Comportamiento del pH del agua marina causado por la cal apagada 23) Gráfica 4-2 Comportamiento del pH del agua marina por el paso de tiempo 66)

En la gráfica 4-2 66), se muestra el resultado de la medición del comportamiento del pH por el tiempo transcurrido después de haberse ajustado a 800 ppm al agregar el agente mejorador de cal en el agua marina.

La gráfica 4-1 indica que el pH del agua marina sube al agregar la cal apagada; hasta 200ppm muestra una elevación rápida, luego se comporta sin variación, y cuando pasa de 4000ppm nuevamente muestra una elevación rápida.

Sin embargo, por lo general cuando se emplea la cal como medidas al medio ambiente, se utiliza en el agua marina aproximadamente a 10ppm, por lo que prácticamente el pH no sube mucho.

Por ejemplo, en caso de esparcir la cal apagada a 260g/m³ en la zona del

mar con 5 m de profundidad, resulta:

$$260\text{g (Cal apagada)} / 5\text{m}^3 \text{ (Agua marina)} = 52\text{g/m}^3 \text{ (52ppm)}$$

Así es que en la práctica se vuelve el valor mínimo indicado en la gráfica 4-1.

Tabla 4-1 Densidad de la cal apagada en el agua marina por la cantidad esparcida de la misma (ppm)

Profundidad	3m	5m	8m	10m
Cantidad esparcida 260g/m ³	87	52	32.5	26
560g/m ³	174	104	65	52

Además, la cal apagada produce el hidróxido de magnesio, al reaccionar con el magnesio ionizado en el agua. Su solubilidad es mucho más baja que la de la cal apagada, y el agua marina no es estática, por lo que la densidad de la cal apagada es más baja de lo que se indica en la tabla 4-1.

En la gráfica 4-2 se observa que el pH sube gradualmente desde 7.8, y alcanza a 8.6 en 2 horas, y posteriormente va alrededor de 8.6.

Sección 2 Influencia en los organismos acuáticos

2-1 Influencia en los peces y animales marinos

Según las pruebas con los peces, la densidad mortal para la mitad de las crías de mújol en 24 horas fue 147mg/l de la cal apagada. Con las crías de huauchinango, se realizó la prueba a 80mg/l por 8 horas, pero aparentemente no hubo ninguna anomalía. 22)

En la gráfica 4-2, se muestra el resultado del resumen de la influencia en los peces de cultivo y del cambio de la pesquera en el caso del esparcimiento de cal viva a 200g ~ 400g por l^m. Casi no hubo influencia a ostras prolíferas, algas verdes, "hamachi" y a huauchinango, y mejoró el medio ambiente de la industria pesquera.

Tabla 4-2 Influencia en los peces y animales