

洛東江 勿禁舊取水場 上水道源水の 鹽化이온 칼슘 마그네슘 濃度の 年間變動에 對하여 (1974年—1975年)

元 鍾 勳* · 梁 漢 燮*

SEASONAL VARIATIONS OF CHLORIDE, CALCIUM AND MAGNESIUM ION CONCENTRATIONS IN NAGDONG RIVER WATER AT MUL GEUM INTAKE STATION OF BUSAN CITY WATER FROM MARCH 1974 TO MARCH 1975

Jong Hun WON* and Han Serb YANG*

The contents of chloride ion, calcium and magnesium in Nagdong River water were determined at Mul Geum where the intake station for Busan city water is located.

Samples were taken in spring and neap tides of every month from March 1974 to March 1975.

The range and mean values of the chloride ion and total hardness were 5.12—39.4ppm, 11.9ppm; 27.8—70.8ppm, 49.5ppm respectively from March 1974 to January 1975.

The highest values were found in the period of the widest tidal range of a year, from February 9 to March 9 in 1975, such as the ranges and means of chloride ion and total hardness were 10.8—876 ppm, 89.8ppm; 48.0—407ppm, 89.9ppm.

On several days of this period those concentrations were over the criteria of drinking water, 150 ppm in chloride and 300ppm in total hardness.

Chloride ion concentration was increased with increasing of water level of the Nagdong River at Mul Geum.

The patterns of the variations of tide level were similar to that of water level with delay of 2.5 hours in spring tides and 3 hours in neap tides.

緒 論

洛東江물은 釜山市 上水道供給量の 約 80%를 차지하는 一日 460,000톤이 源水로서 揚水되고 있으며 其中 220,000톤은 回東水源池로 240,000톤은 華明淨水場으로 送水된다. 釜山市의 人口增加와 上水道使用量의 增加를 감안한 때 앞으로 洛東江물은 釜山市 上水道源水의 90%以上을 차지하게 될 것이다. 뿐만 아니라 馬山, 昌原, 蔚山工團의 工業用水까지 考慮한다면 洛東江은 釜山圈의 用水面에서 絶對的인 位置에 있는 것이다. 그런데 近來에 와서 上流地域에서의 都市의 發達과 工業의 急速한 發展으로 洛東江

水質은 날로 汚濁되어 現在에는 매우 深刻한 狀態에 까지 와 있으며, 또한 下流地域에서는 海水의 逆上으로 鹽害가 問題로 되어 있어 河口에서 26km 上流에 있는 勿禁舊取水場에 까지 영향을 미쳐 渴水期나 潮差가 큰 2月에는 揚水を 中斷하는 일까지 있다.

河川水의 水質은 氣象과 關係가 있으므로 最少限一年間의 統計가 아니고는 그 水質을 判斷할 수 없다. 더구나 海水의 流入에 依한 영향은 河川水量과 潮汐에 關係되므로 더욱 그러할 것이다. 그런데 勿禁源水의 水質에 對해서는 아직까지 体系的으로 季節的으로 그 變動이 把握되어 있지 않는 것이 現實이다. 그래서 이번엔 우선 勿禁源水에 對한 海水의 영향을 보기 위해 鹽化이온, 칼슘, 마그네슘의 濃度變

*釜山水産大學, National Fisheries University of Busan

動을 주로 每月 大潮日과 小潮日에 潮汐의 一週期에 걸쳐 每 時間마다 一年間 測定하여 潮水에 따라 海水가 洛東江 上水道源水에 時間的으로 季節的으로 어떤 影響을 주는가를 檢討해 보았다.

試料 및 測定方法

1. 採 水

1974年 3月에서 1975年 3月까지 每月 大潮日과 小潮日의 2日間 7時부터 19時까지 1時間 間隙으로 採水하였다. 採水地點은 그림 1과 같이 勿禁取水場에서 揚水되어 回東水源池로 送水되는 送水管의 終點인 노포리의 送水管 끝이며, 送水管의 길이 12 km, 管内流速 48 m/min 이므로 試驗用으로 採水된 試水는 約 4時間 10分前에 勿禁取水場에서 揚水된 것이다. 그리고 5月 및 7月의 大潮日과 小潮日에는 降雨量이 많아 回東水源池가 滿水가 되어 勿禁取水場에서 揚水를 하지 안했던 까닭에 採水를 하지 못했고, 또 8月과 潮差가 큰 2月에는 潮汐의 短週期變動과 의 關係를 보기 위해 15日間에 걸쳐 1日 間隙으로 採水하였다.

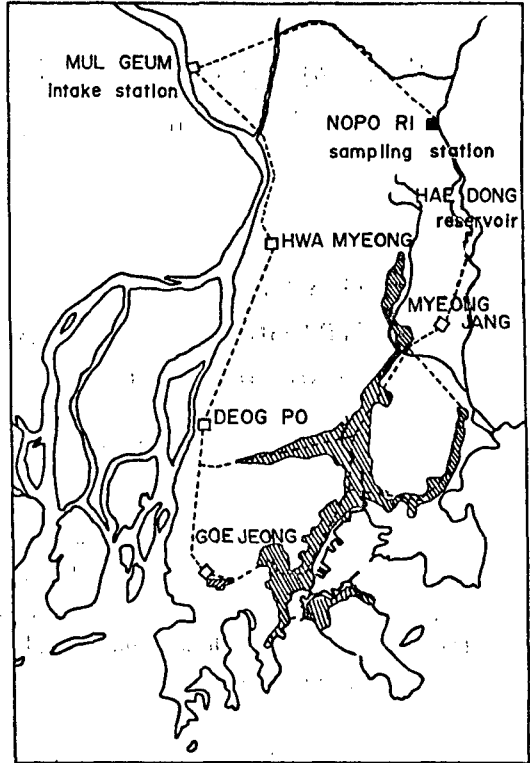


Fig. 1. Location of the sampling station.

2. 測 定

鹽化이온 : 티오시안酸水銀(II)比色法¹⁾

칼슘, 마그네슘 : EDTA 滴定法²⁾

潮位 : 釜山市 影島大橋 潮位觀測點에서 觀測(水路局資料)

水位 : 勿禁取水場 水位觀測點에서 觀測(釜山市 水道局資料)

結果 및 考察

1. 鹽化이온濃度

1974年 3月부터 1975年 3月까지 每月 大潮日과 小潮日의 7時부터 19時까지 1時間 間隙으로 測定한 測定值의 範圍와 平均値는 表 1과 같다.

Table 1. The range and mean of the annual variations of chloride ion concentration and total hardness from Mar. 1974 to Mar. 1975 in Nagdong River water at Mul Geum

	Mar. 1974— Mar. 1975	Values except of Feb. 9, 1975— Mar. 7, 1975	Feb. 9, 1975— Mar. 7, 1975	Han River ³⁾ and Lake Eui-Am ⁴⁾
Cl (ppm)	5.12—876 41.06	5.12—39.4 11.9	10.8—876 89.8	3.0—6.9, 5.1 1.6—6.7, 3.5
Hardness (ppm)	27.8—407 62.7	27.8—70.8 49.5	48.0—407 89.9	21.7—58.6, 35.8 17.5—36.0, 28.5

即, 鹽化이온濃度의 年間變動은 5.12—876ppm 에 平均값이 41.06 ppm 이며 潮差가 特別 큰 2月 9日, 11日, 23日, 25日, 27日, 3月 1日, 7日 것을 除外한 年間變動은 5.12—39.4 ppm 에 平均값이 11.9

ppm 로서 1969年 6月에서 1970年 2月까지의 第2 漢江橋와 第3 漢江橋사이의 3.0—6.9 ppm, 5.1 ppm 및 1970年 6月에서 1971年 5月까지의 衣岩湖의 1.6—6.7 ppm, 3.5 ppm 보다 平均値에 있어 2~3 배

가량 높다.

一日間의 13時間 平均値를 그달의 代表値로 간주하여 季節的으로 그 變動을 보면 그림 2와 같이 1974年 3月 및 4月까지는 約 14 ppm의 水準을 維持하다가 6月부터 차차로 내려가서 10月까지는 約 8.5 ppm 以下에서 머문다. 11月부터 다시 上昇하기 시작하여 12月 15日에는 約 21 ppm 까지 올라간다. 5月과 7月에는 降雨量이 많아 揚水를 하지 안했을 程度이니 鹽化이온濃度도 4月, 6月, 8月보다 높지는 않을 것이다.

一日 平均値의 潮汐과의 關係는 그림 2에서 1974年 4月 1日, 15日, 8月 25日, 27日, 1975年 2月 19日, 21日, 3月 5日의 小潮日에 약간 내려가는 傾向이기는 하지만 그다지 뚜렷하지는 않다. 그러나 時間的 變動은 뒤에서 說明하는 바와같이 그렇지 않다.

一年中에 潮差가 가장 큰 달인 2월에 가면 갑자기 上昇하여 2月 9일부터 3月 7日 사이의 14日間의 變動이 一日 平均値로서 約 16—303 ppm의 範圍에 있고, 時間的 變動은 10.8—876 ppm에 平均値가 約 90 ppm로서 水道法에 依한 許容限界인 150 ppm을 넘는 날이 모두 2월에 들어있다. 即 2月 9日 前後의 2日間과 2月 22日에서 3月 1日까지의 8日間 合計 約 10日間이 150 ppm을 넘으며 時間數로는 約 130時間이 된다. 送水量으로는 每時間 9,000톤

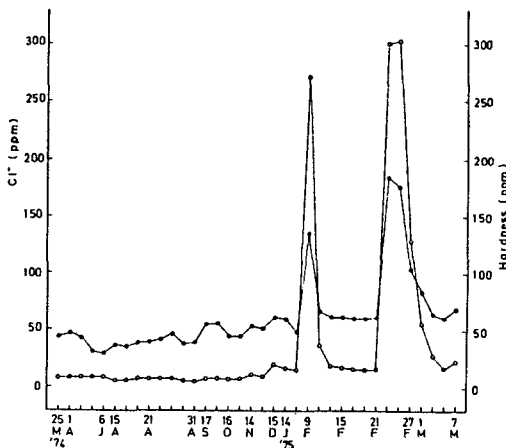


Fig. 2. Seasonal variations of the mean values of chloride ion concentration and hardness in Nagdong River water at Mul Geum. ○ : Chloride; ● : Hardness ; ● : Cl⁻ in neap tides

이라고 볼때 1,170,000톤이 되며, 그것의 平均 鹽化이온濃度를 340 ppm라고 보고 回東水源池의 總貯水量 1,800萬톤이 全部 交換되는데 約 40日이 所要된다고 하니, 이 117萬톤이 均一하게 混合된다고 假定한다면 約 15倍로 稀釋되는 셈이되어 鹽化이온濃度 340 ppm의 117萬톤이 回東水源池에 流入되면 水源池의 元來의 鹽化이온濃度를 감안하여 平均 約 30 ppm 以下가 된다. 그러나 1975年 8月에 通水된 華明淨水場으로 送水되는 源水는 貯水池가 없으므로 事情이 다르다. 그리고 平年에 金海平野에서 鹽害를 입는다는 8月에는 1974年에 있어서는 降雨量이 많았던 關係인지 鹽化이온濃度는 一日 平均値로서 5.5—7.8 ppm, 時間的으로는 5.12—8.87 ppm에 平均값이 6.8 ppm 밖에 되지 안했다.

2. 總 硬 度

表 1과 같이 年間變動이 27.8—407 ppm에 平均이 62.7 ppm고, 鹽化이온濃度와 마찬가지로 2月과 3月の 特別히 높은 값을 除外한 것의 變動은 27.8—70.8 ppm에 平均이 49.5 ppm로서 淡江의 그것보다 높다.

一日間의 平均値를 季節的으로 보면 그림 2에서와 같이 鹽化이온濃度와 비슷한 變化를 하고 있으며 1974年 4月 1日의 47 ppm에서 점차 내려가서 6月 6日에 30 ppm까지 내려갔다가 다시 徐徐히 上昇하여 1975년 1月까지 大潮 小潮에 別로 關係없이 大体로 上昇하는 傾向이다. 2월에 들어가면 역시 갑자기 上昇하여 2月 9日에서 3月 7日 사이에 一日 平均値로서 60.6—185 ppm로 크게 範圍가 넓어지며 時間的으로는 48—407 ppm에 平均値도 89.9 ppm가 된다. 水道法에 依한 硬度的 許容量은 300 ppm인데 이 限界를 넘는 날이 1975年 2月 9日에서 3月 7日 사이에 約 4日程度 나타나며 時間數로는 約 30時間程度된다.

3. 鹽化이온濃度和 칼슘 및 마그네슘와의 關係

洛東江下流水質의 化學的 組成을 칼슘과 마그네슘量의 鹽化이온濃度에 對한 關係를 보면 그림 3과 같이 칼슘 및 마그네슘 다 같이 鹽化이온濃度에 對해 直線關係를 가진다. 이때의 關係를 最小自乘法로 處理했을 때 다음 式으로 表示된다.

$$Ca(\text{ppm}) = 0.0226Cl(\text{ppm}) + 16.3$$

$$s = 1.2(\text{ppm}) (91.5\%)$$

$$2s = 2.4(\text{ppm}) (98.2\%)$$

$$\text{Mg}(\text{ppm}) = 0.0806\text{Cl}(\text{ppm}) + 3.13$$

$$s = 1.5(\text{ppm}) \quad (90.8\%)$$

$$2s = 3.0(\text{ppm}) \quad (95.1\%)$$

即 鹽化이온濃度 增加에 따라 마그네슘은 칼슘의 約 3.57倍의 比率로 增加되며, 鹽化이온濃度가 零일 때의 칼슘량과 마그네슘량의 比는 約 5.21이 된다. 參考로 Mg/Ca 값의 一日間 平均値의 變動을 보면 역시 鹽化이온濃度와 비슷한 變化를 하고 있어 表 1의 鹽化이온濃度 5.12—876 ppm 또는 5.12—39.4 ppm 라는 넓은 變動範圍은 海水의 流入에 起因된다고 結論을 지을 수 있다.

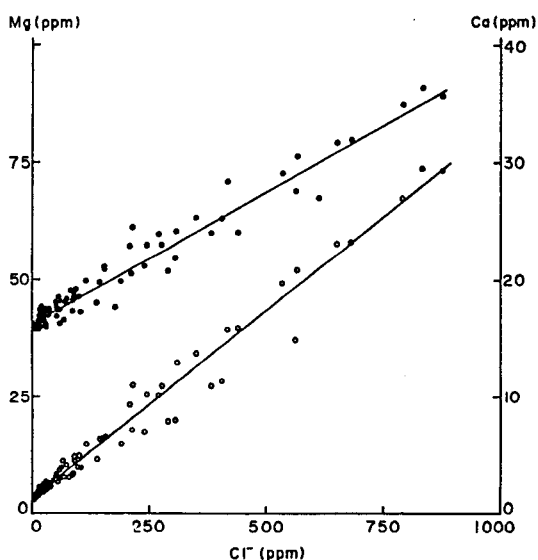


Fig. 3. Relationship between the chloride ion concentration and the contents of calcium and magnesium.

● : Calcium; ○ : Magnesium

4. 鹽化이온濃度와 水位와의 關係

勿禁取水場에서의 洛東江水位는 河川水量과 海水의 逆流入으로 定해지는 것이므로 水位와 鹽化이온濃度와의 關係를 살펴 보았다. 그림 4에서 大潮日 및 小潮日의 一日間 平均値의 季節的 變化關係는 鹽化이온濃度가 比較的 낮은 4月에서 12月 사이에서는 크게 波가나지 않지만 大体로 水位가 높을 때 鹽化이온濃度가 낮고, 水位가 낮을 때 높다. 이 現象은 2月 및 3月에서 더욱 그러하다. 그러나 變動이 甚한 2月 및 3月의 平均値가 아닌 全測定値에 對해 水位와의 關係를 보면 그림 5와 같이 2月에 있어서는 鹽化이온濃度 約 150 ppm 以下, 3월에 있어서는

約 50 ppm 以下에서는 關係가 보이지 않으나 그 以上濃度에서는 大体로 水位가 높으면 鹽化이온濃度도 높아진다. 이 關係를 다시 大潮때와 小潮때로 나누어 時間變動으로 보면 그림 6-1에서 6-4와 같다. 即 그림은 各各期間 測定値의 같은 時間에 있어서의 平均値를 表示한 것인데 그림 6-1에서 鹽化이온濃度가 比較的 낮은 期間인 1974年 4月에서 1975年 1月 사이에서도 大潮때에는 水位가 높을 때 鹽化이

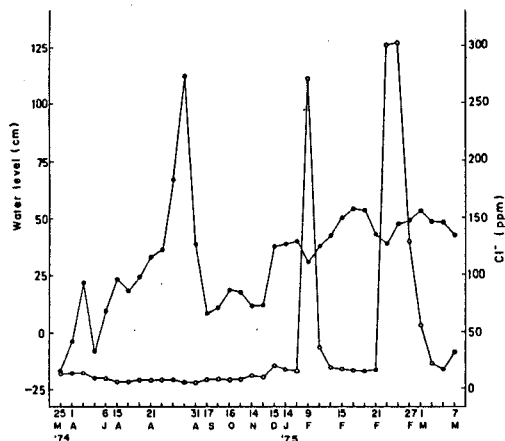


Fig. 4. Comparison of the seasonal variations of chloride ion concentrations and water levels of Nagdong River at Mul Geum.

○ : Cl⁻; ● : Water level;
● : Cl⁻ in neap tides

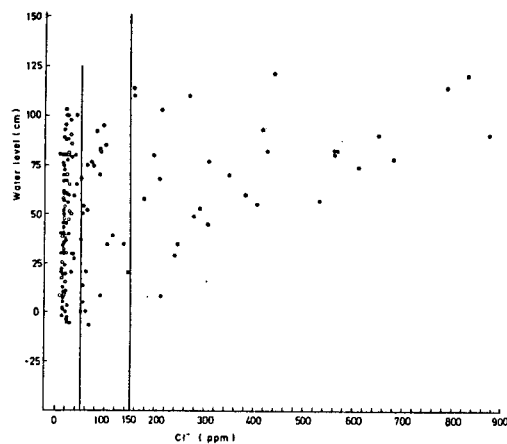


Fig. 5. Relationship between the chloride ion concentrations and the water levels of Nagdong River at Mul Geum in February and March.

● : February; ○ : March

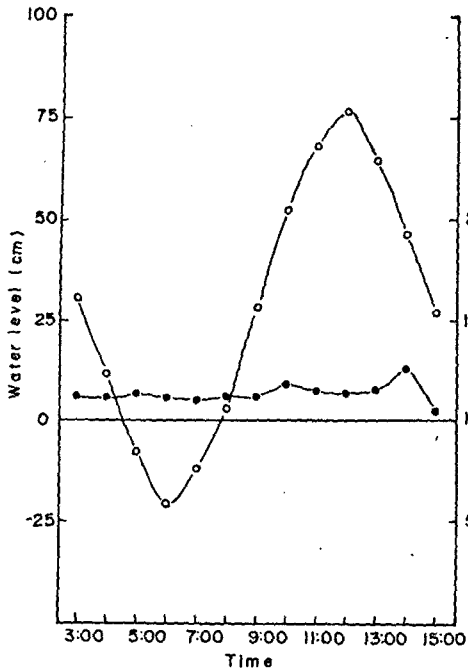


Fig. 6-1. Hourly variations of chloride ion concentrations and water levels of Nagdong River water at Mul Geum in spring tides from April 1974 to January 1975.

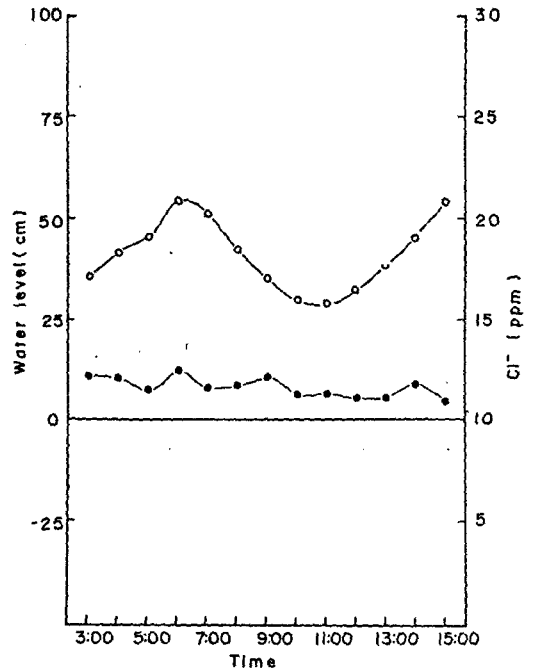


Fig. 6-2. Hourly variations of chloride ion concentrations and water levels of Nagdong River water at Mul Geum in neap tides from April 1974 to January 1975.

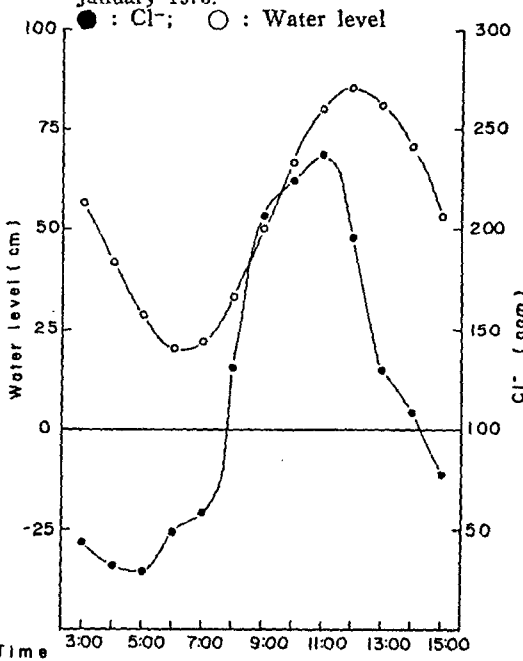


Fig. 6-3. Hourly variations of chloride ion concentrations and water levels of Nagdong River water at Mul Geum in spring tides in February and March in 1975.

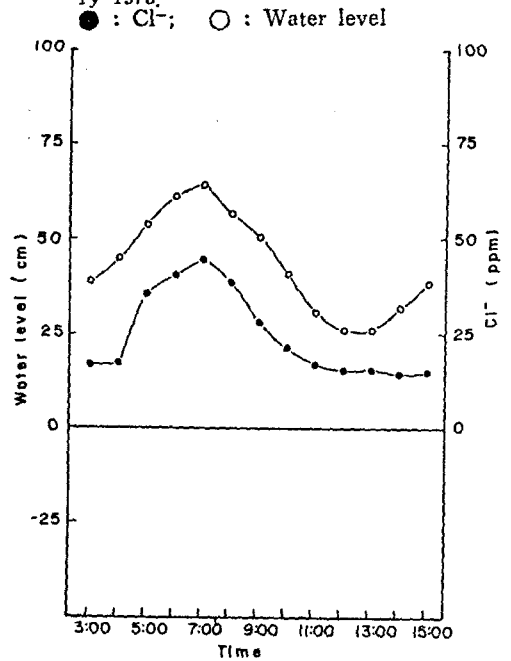


Fig. 6-4. Hourly variations of chloride ion concentrations and water levels of Nagdong River water at Mul Geum in neap tides in February and March in 1975.

온도도 大體로 약간은 높은 水準이다. 小潮때에는 그림 6-2와 같이 그다지 뚜렷하지는 않지만 역시 水位가 높은 때 높다. 鹽化이온濃도가 높은 期間인 1975년 2월 및 3월에서는 그림 6-3 및 그림 6-4와 같이 大潮 小潮 한 것 없이 水位가 높을수록 鹽化이온濃도가 높아진다. 따라서 장마때나 洪水때와 같은 特別한 경우 以外에는 勿禁取水場에서의 洛東江水位의 上昇은 海水의 流入에 依한 것이며 水位만으로 鹽分濃도를 알아 내기는 어렵다.

5. 水位와 潮位와의 關係

勿禁取水場에서의 洛東江 水位變化和 潮汐과의 關係를 보기 위해 그날의 最高潮位時間을 基準으로 하

여 時間的인 變化를 보면 그림 7-1 및 그림 7-2와 같이 潮位와 水位의 變化는 약간의 時差를 두고 거의 같은 모양의 曲線을 그린다. 即 大潮때는 그림 7-1과 같이 最高潮位에서 最高水位까지 約 2時間 30分의 時差가 있으며, 潮差가 작아짐에 따라 약간씩 時差가 커진다. 그리고 水位는 最低에서 最高로 가는데 約 5時間 30分이 걸리고, 最高에서 最低로 가는데 約 6時間 20分에서 6時間 40分이 걸린다. 그러나 小潮때는 그림 7-2와 같이 潮位와 水位와의 最高最低사이에는 各各 約 3時間씩이다. 그리고 水位가 宥 또는 負로 測定된 回數가 全測定值 648個中에서 144個나 되었다.

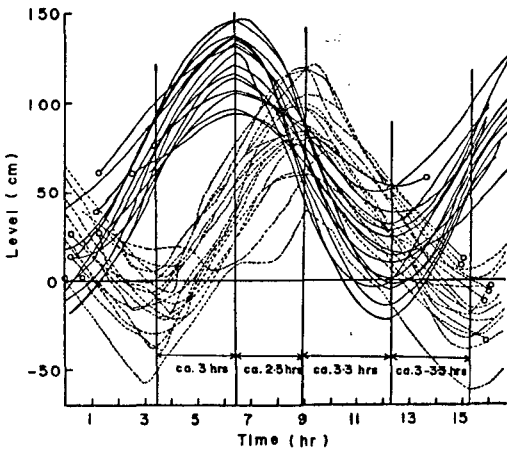


Fig. 7-1. Hourly variations of the tide levels and the water levels of Nagdong River at Mul Geum in spring tides.
—: Tide level; -----: Water level

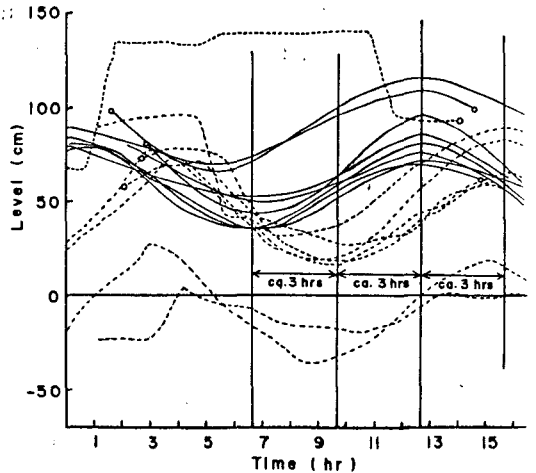


Fig. 7-2. Hourly variations of the tide levels and the water levels of Nagdong River at Mul Geum in neap tides.
—: Tide level; -----: Water level.

要 約

1. 1974年 3月에서 1975年 3月사이 每月 大潮日과 小潮日에 洛東江 勿禁 釜山市 上水道 舊取水場 源水의 鹽化이온, 칼슘, 마그네슘의 量을 每時間마

다 測定하였다.

2. 1974年 3月에서 1975年 1月사이의 鹽化이온 濃도는 5.12-39.4 ppm 에 平均값이 11.9 ppm, 總 硬度는 27.8-70.8 ppm 에 平均값이 49.5 ppm 있고, 1975年 2월 9日에서 3월 7日까지의 潮差가 큰 期

洛東江 勿禁舊取水場 上水道源水の 鹽化이온 칼슘 마그네슘 濃度の 年間變動에 對하여

間에는 鹽化이온濃度 10.8—876 ppm에 平均값이 89.8 ppm, 總硬度는 48.0—407 ppm에 平均값이 89.9 ppm 있다.

3. 季節的으로는 冬季에 濃도가 높고 潮差가 큰 2월과 3月初 사이가 가장 높다. 鹽化이온濃度 150 ppm를 넘는 날이 모두 2월에 들어있다.

4. 總硬度 역시 鹽化이온濃도와 비슷한 變動을 한다. 水道法の 許容限界인 300 ppm를 넘는날이 2월 9日에서 3월 7日 사이에 約 4日 程度 나타난다.

5. 水位는 河川水量과 潮位로써 定해지는 까닭에 水位만으로는 鹽化이온 濃度を 알수가 어렵지만 鹽化이온濃도와 水位의 時間的 變動關係는 水位가 높을 때 濃도가 높으며, 2월 및 3月에서 더욱 그러하다.

6. 潮位와 水位와는 약간의 時差를 두고 거의 같

은 모양의 變動을 하며 最高潮位에서 最高水位까지 大潮日에는 約 2時間 30分, 小潮日에는 約 3時間의 差가 나타난다.

끝으로 水位와 潮位資料를 提供해 주신 釜山市水道事業所와 釜山水路局에 感謝드립니다.

文 献

- 1) 日本分析化學會 北海道支部(1971): 新版 水の分析 p. 206, 化學同人, 京都, 日本.
- 2) 同 上, p. 220.
- 3) 李龍根(1970): 汚濁河川水の 地球化學的인 研究. (第 3 報), 大韓化學會誌 14(3), 246—256.
- 4) 崔相·郭熙相(1971): Chemical water quality of lake Eui-Am. 韓國海洋學會誌 6(2), 63—77.