

## 食用タール色素に関する研究 (V)

—金属イオンによる色素の変色・退色に対するりん酸塩の効果 (2)—

神 藤 光 野  
打 田 良 樹

### I. 緒 言

現在我が国で使用許可されている食用タール色素は、構造的に分類するとアゾ系 5 種、キサンテン系 4 種、トリフェニルメタン系 2 種、インジゴイド系 1 種の 4 系統、計 12 種である。天然色素に比べ科学的に安定で、酸素・光・酵素・熱などによる退色・分解を受けにくく、安価である点から広く利用されている<sup>1)~3)</sup>。しかしながら、既に報告したように色素によっては金属イオンの共存により退色・変色する<sup>4)~8)</sup>。さらに、この現象に対し金属封鎖作用を有するエチレンジアミン四酢酸カルシウム二ナトリウム<sup>5)</sup>や各種アミノ酸<sup>6)</sup>、クエン酸<sup>7)</sup>、りん酸塩<sup>8)</sup>を添加することにより、食用タール色素に生じる退色・変色が抑制されることを見出している。そこで今回、前報<sup>8)</sup>に続いてピロりん酸カリウム、ピロりん酸ナトリウム、ピロりん酸二水素二ナトリウム、メタりん酸カリウム、メタりん酸ナトリウム等のりん酸塩を用い、食用タール色素の金属イオンによる退色・変色に対する効果を検討したので以下に報告する。

### II. 実験方法

#### 1) 試 薬

食用タール色素 (国立衛生試験所標準品)

赤色 2 号 赤色 3 号 赤色 40 号 赤色 102 号 赤色 104 号 赤色 105 号 赤色 106 号  
黄色 4 号 黄色 5 号  
青色 1 号 青色 2 号

金属 (和光純薬工業株式会社特級品)

塩化第二銅 (2 水和物) 塩化第二鉄 (4 水和物)  
塩化第一すず 塩化アルミニウム (6 水和物)

りん酸塩

ピロりん酸カリウム (和光純薬工業株式会社一級品)  
ピロりん酸ナトリウム (和光純薬工業株式会社特級品)  
ピロりん酸二水素二ナトリウム (キシダ化学株式会社一級品)  
メタりん酸カリウム (和光純薬工業株式会社)

## 2) 器 具

- ・紫外可視分光光度計 (島津製 UV-160A 型、セルポジショナー、温度コントロール付)
- ・ザルトリウス天秤 (独 Sartorius 社製 2842 型)
- ・オートスチル (YAMATO 社製 WG-25 型)  
水道水を本機にて脱イオン及び蒸留し、これを精製水として実験に用いた。
- ・pH メーター (HORIBA 社製 F-22)

## 3) 実験溶液の調製

### ① 食用タール色素標準溶液

食用タール色素 (11 種類) 各々 10mg を精秤し、メスフラスコ中で精製水で溶解し 100ml とし (濃度 100  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) これを標準溶液とした。

### ② 金属標準溶液

金属 (4 種類) 各々 100mg を精秤し、メスフラスコ中で精製水で溶解し、100ml とし (濃度 1000  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) これを標準溶液とした。

### ③ りん酸塩標準溶液

りん酸塩を各々 1000mg づつ精秤し、メスフラスコ中にて精製水に溶解し 100ml とし (濃度 10000  $\mu\text{g}/\text{ml}$ )、これを標準溶液とした。…③ (1)

これをさらに 100ml メスフラスコ中で 10 倍に希釈した。…③ (2)

### ④ 試験溶液の混合

①～③ の各溶液はいずれも実験直前に調製し、まずメスフラスコ中に金属標準溶液 ② をメスピペットで 10ml 取り、精製水を 70ml 加えた。次にメスピペットでりん酸塩溶液 ③ (2) を 10ml、③ (1) を 2.5、5、10ml 加え、最終濃度を 100、250、500、1000  $\mu\text{g}/\text{ml}$  の 4 段階とした。最後に 10ml の食用タール色素標準溶液 ① をメスピペットで加えた後、精製水で希釈し 100ml に調製した。その結果各成分の最終濃度は、① が 10  $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、② が 100  $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、また ③ に関しては前述の通りである。

## 4) 吸光度の測定

最初に、最終濃度 10  $\mu\text{g}/\text{ml}$  に調整した各食用タール色素の吸光度を各色素の  $\lambda_{\text{max}}$  にて測定した。次に調製した直後の試験溶液の吸光度を測定し、以後その時間を基準として 1 時間後、2 時間後、3 時間後、4 時間後、24 時間後に、常温暗所に放置しておいたメスフラスコ内の溶液およびセル内の溶液について吸光度を測定し、残存吸光度とした。結果については調整直後の食用タール色素のみの試験溶液の吸光度を初期吸光度として、一定時間経過後の吸光度を残存吸光度としその割合を吸光度残存率として求め示した。

$$\text{吸光度残存率 (\%)} = \frac{\text{残存吸光度}}{\text{初期吸光度}} \times 100$$

(色素のみ)

### Ⅲ. 結果および考察

現在我が国で使用許可されている食用タール色素には、塩化第二銅、塩化第一鉄、塩化第一鉄および塩化アルミニウムの添加により退色・変色するものがある。最初に各色素に対する銅、鉄、すずおよびアルミニウム塩化物 100 μg/ml 添加による影響を図 1~4 に示した。なお各図においては食用赤色系を R-番号、黄色系を Y-番号、青色系を B-番号で示している。またピロリン酸カリウムを  $K_4P_2O_7$ 、ピロリン酸ナトリウムを  $Na_4P_2O_7$ 、ピロリン酸二水素二ナトリウムを  $Na_2H_2P_2O_7$ 、メタリン酸カリウムを  $(KPO_3)_n$ 、メタリン酸ナトリウムを  $(NaPO_3)_n$  とした。

銅イオン添加系 (図 1) では、アゾ系色素である黄色 4 号、5 号、赤色 2 号、102 号で吸光度残存率が低下し、反応 24 時間後にはそれぞれ 69.1%、66.9%、18.4%、33.0%となる。インジゴイド系色素である青色 2 号でも、反応 24 時間後の吸光度残存率が 78.5%とやや低下する。またアゾ系色素である赤色 40 号では、反応 24 時間後の吸光度残存率が 94.0%と吸光度残存率の値に大きな変化はないが、肉眼的観察では変色が見られる。このように、銅イオンの添加によりアゾ系、インジゴイド系の色素では退色・変色反応を示すが、キサントン系、トリフェニルメタン系の色素は比較的安定である。

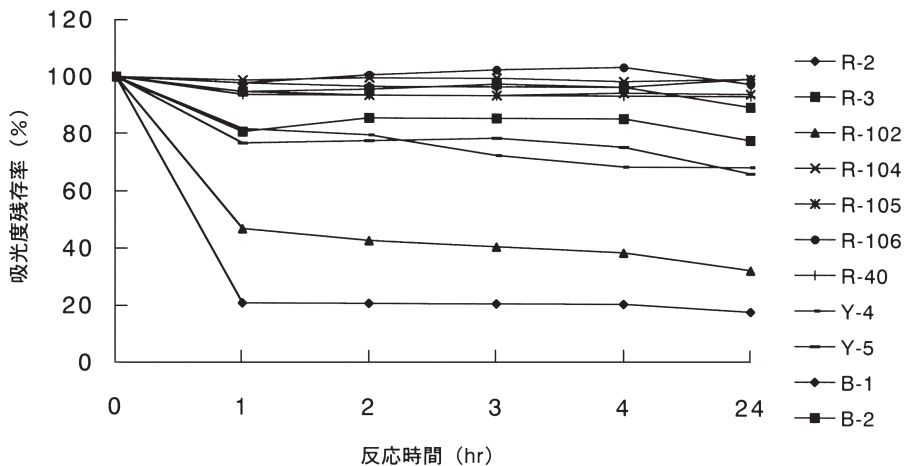


図 1 食用タール色素に対する塩化第二銅の影響

次に鉄イオン添加系 (図 2) では、キサントン系色素である赤色 3 号、104 号、105 号が徐々に変化し、反応 24 時間後の吸光度残存率が 74.0%、85.8%、60.5%に低下す。また、インジゴイド系色素である青色 2 号も反応 24 時間後の吸光度残存率が 68.4%と減少する。このように鉄イオンは、赤色 106 号を除くキサントン系色素 3 種と青色 2 号に色調変化を及ぼす。

すずイオン添加系 (図 3) では、赤色 106 号を除く 10 種すべての色素に退色、変色が見られる。アゾ系である赤色 2 号とキサントン系である赤色 3 号、104 号、105 号はすず添加と同時に色調変化し、反応 1 時間後の吸光度残存率は各々 39.2%、25.5%、23.2%、30.2%と著しく低下

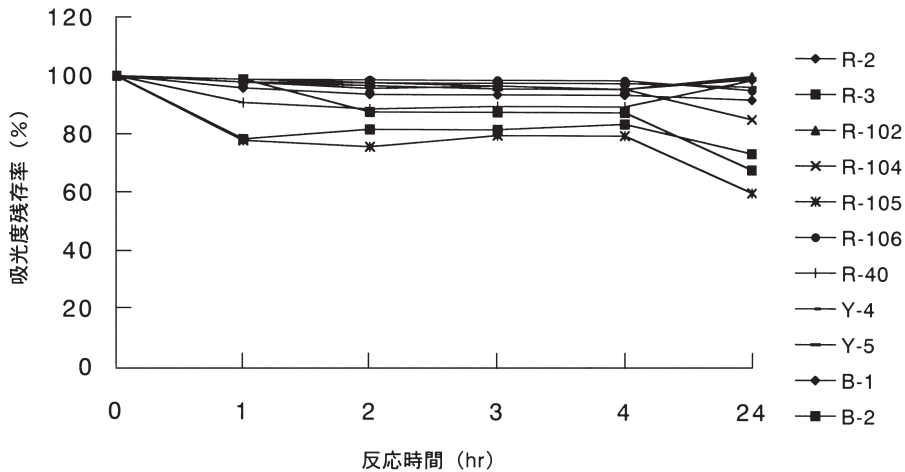


図2 食用タール色素に対する塩化第二鉄の影響

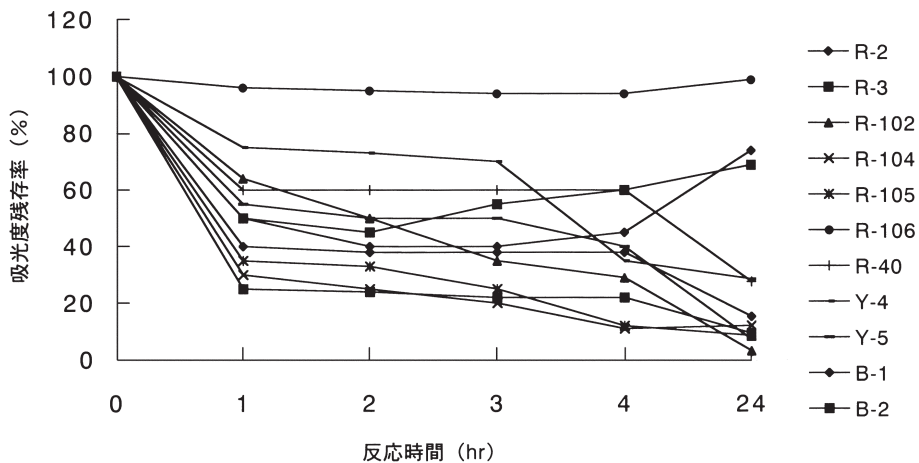


図3 食用タール色素に対する塩化第一鉄の影響

する。これら4種の実験系では反応24時間後の吸光度残存率は更に低下し、各溶液は、色調は観察されるものの、ほぼ無色透明になり沈殿ができる。更にアゾ系黄色4号、5号、赤色102号、40号も反応24時間後の吸光度残存率は、各々28.6%、7.2%、3.2%、27.6%と、1時間後よりはさらに低下し、退色を示す。トリフェニルメタン系である青色1号は肉眼的観察では変化が見られないが、吸光度残存率は反応24時間後では73.9%に低下する。また、インジゴイド系である青色2号の吸光度残存率も反応24時間後において68.8%に低下する。

アルミニウムイオン添加系(図4)では、キサンテン系色素である赤色105号に肉眼でも確認可能な退色がおこり、うすいピンク色となる。反応24時間後の吸光度残存率は25.4%まで低下する。同じく赤色3号も退色してピンク色となり、わずかに沈殿も見られる。反応24時間後の吸光度残存率は61.0%を示す。又、赤色104号は、肉眼では分かりにくい、吸光度残存率は87.3%となり、わずかに退色を示す。アゾ系の赤色2号でもわずかな退色を示し、反応24時間後の吸光度残存率は87.0%となる。インジゴイド系の青色2号は、ほぼ安定しているが、反応

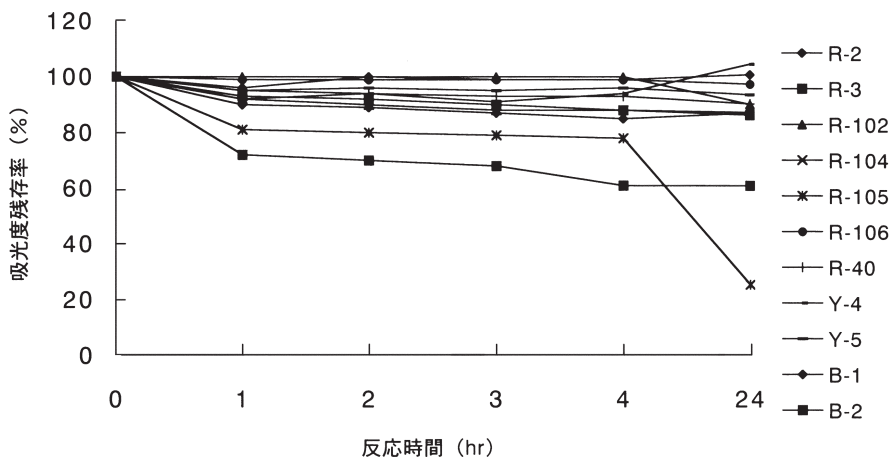


図4 食用タール色素に対する塩化アルミニウムの影響

24 時間後に 86.3%に低下し、わずかに薄く水色に退色する。

以上の実験結果から各金属塩化物 100  $\mu\text{g/ml}$  添加による各色素への影響は以下のように総括することができる。アゾ系色素の黄色 4 号、5 号、赤色 2 号、102 号、40 号では、銅及びすずイオン添加により退色・変色反応を示し、キサントゲン系色素の赤色 3 号、104 号、105 号は、鉄、すず、及びアルミニウムイオン添加により退色・変色反応を示した。更に銅、鉄、アルミニウム及びすずイオンの 4 種すべての金属イオン添加により退色・変色反応を示したものは、インジゴイド系色素の青色 2 号であった。

そこで次に、各色素の退色、変色に対する 5 種のりん酸塩の添加効果を検討した。最初に銅イオン添加により退色、変色が見られた黄色 4 号、5 号、赤色 2 号、102 号、青色 2 号 (図 5~9) に対し、5 種のりん酸塩の添加効果について検討した。アゾ系である黄色 4 号で反応 24 時間後の吸光度残存率を見ると、 $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$  では 100  $\mu\text{g/ml}$ 、250  $\mu\text{g/ml}$  で 86.4%、87.6%と回復の傾向が見られたが、更に高濃度では回復力はやや低下した。 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  では 250  $\mu\text{g/ml}$ 、500  $\mu\text{g/ml}$

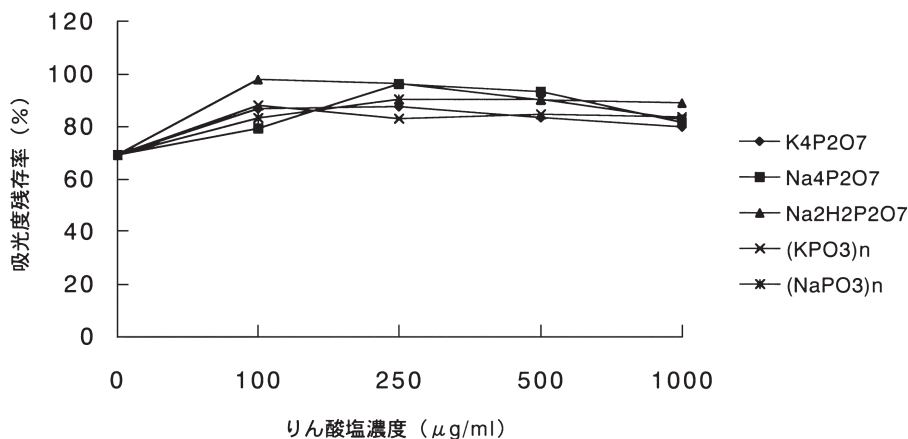


図5 塩化第二銅添加食用黄色 4 号に対するりん酸塩の影響 (塩化第二銅 100  $\mu\text{g/ml}$ 、反応 24 時間後)

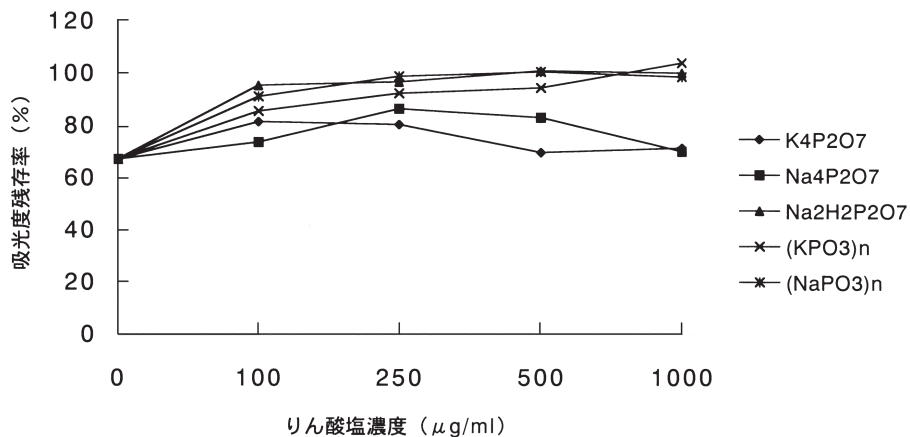


図6 塩化第二銅添加食用黄色5号に対するりん酸塩の影響  
(塩化第二銅 100 µg/ml、反応 24 時間後)

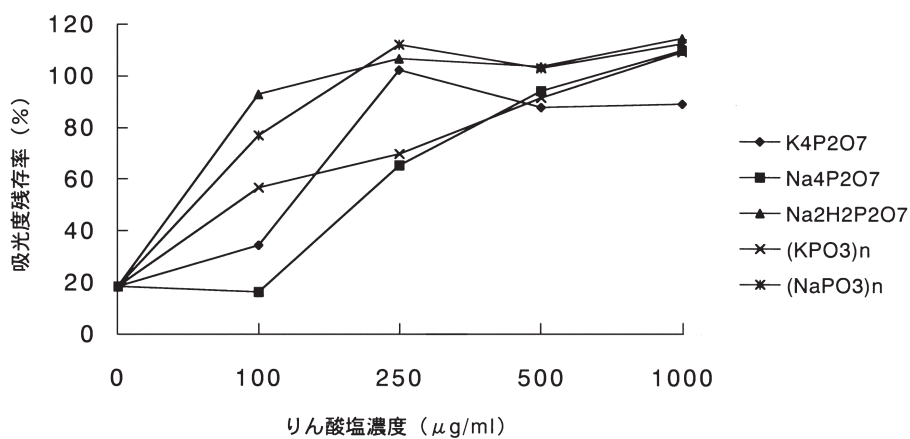


図7 塩化第二銅添加食用赤色2号に対するりん酸塩の影響  
(塩化第二銅 100 µg/ml、反応 24 時間後)

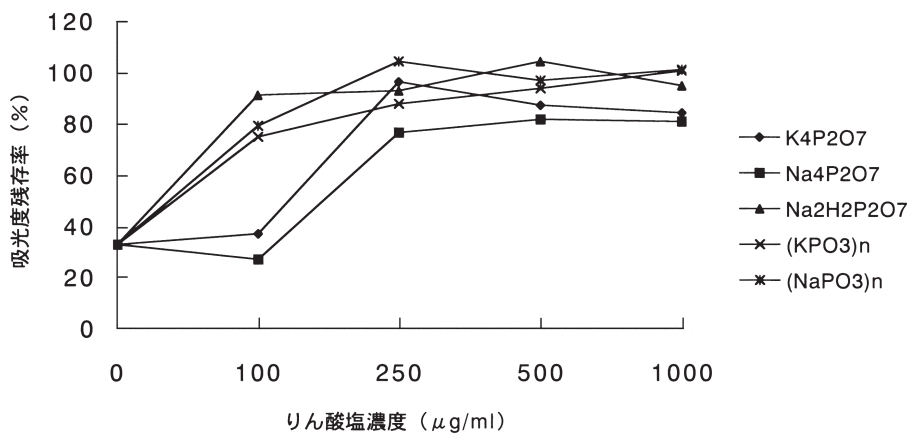


図8 塩化第二銅添加食用赤色102号に対するりん酸塩の影響  
(塩化第二銅 100 µg/ml、反応 24 時間後)

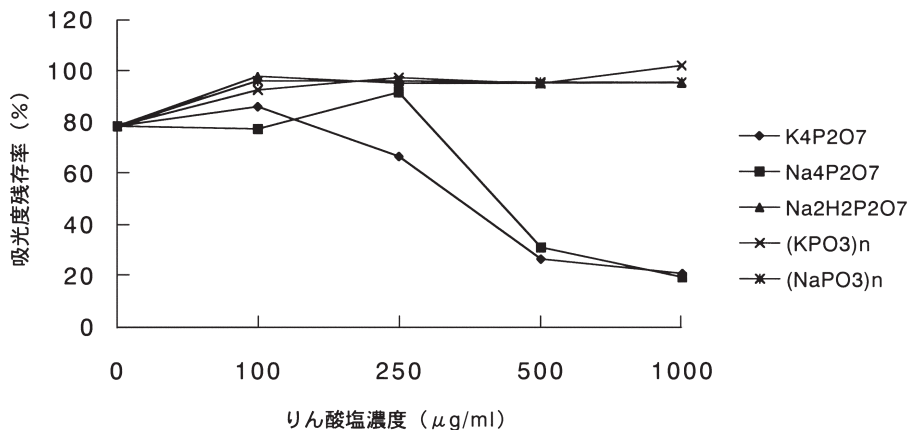


図9 塩化第二銅添加食用青色2号に対するりん酸塩の影響  
(塩化第二銅 100 μg/ml、反応 24 時間後)

ml で 96.2%、93.3%と回復の傾向が見られたが、100 μg/ml、1000 μg/ml 添加では吸光度残存率の回復力はやや低下した。Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> では、すべての濃度において回復の傾向が見られた。(KPO<sub>3</sub>)<sub>n</sub> では、100 μg/ml で 88.0%と回復し、さらに 250 μg/ml から 1000 μg/ml では、100 μg/ml の吸光度残存率よりは低下するが、いずれも 80%代まで回復した。(NaPO<sub>3</sub>)<sub>n</sub> では、250 μg/ml、500 μg/ml でいずれも 90.4%と回復の傾向が見られたが、100 μg/ml、1000 μg/ml 添加ではやや低かった。黄色 5 号で 24 時間後の吸光度残存率を見ると、K<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> では、100 μg/ml、250 μg/ml で 81.3%、80.2%と回復したが、高濃度添加では回復力は低下した。Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> では、250 μg/ml、500 μg/ml で 86.3%、82.9%と回復したが、100 μg/ml、1000 μg/ml 添加では吸光度残存率の回復力は低下した。Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> では低濃度添加から回復の傾向が見られ、500 μg/ml、1000 μg/ml の高濃度では 100.8%、100.0%に回復した。(KPO<sub>3</sub>)<sub>n</sub> では高濃度になるほど強い回復傾向が見られ、1000 μg/ml で 103.8%となった。(NaPO<sub>3</sub>)<sub>n</sub> では低濃度から回復の傾向が見られ、特に 500 μg/ml で 100.4%にまで回復した。赤色 2 号で 24 時間後の吸光度残存率を見ると、K<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> では、250 μg/ml で 102.4%となったが、500 μg/ml、1000 μg/ml の高濃度添加では回復力はかえって低下した。Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> では、250 μg/ml から回復効果が見られ、高濃度になるほど吸光度残存率も上昇し、1000 μg/ml で 110.0%にまで回復した。Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> では、すべての濃度において回復の傾向が見られた。(KPO<sub>3</sub>)<sub>n</sub> では、高濃度になるほど吸光度残存率は上昇し、1000 μg/ml で 109.4%まで回復した。(NaPO<sub>3</sub>)<sub>n</sub> では、全ての濃度において回復効果が見られ、250 μg/ml から 1000 μg/ml では 100.0%以上になった。赤色 102 号で 24 時間後の吸光度残存率を見ると、K<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> では、250 μg/ml で 96.6%と回復したが、それ以上の高濃度では回復力はやや低下した。Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> では、250 μg/ml から回復効果が見られ 500 μg/ml、1000 μg/ml 添加では、吸光度残存率は 81.9%、81.1%まで回復した。Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> では、すべての濃度において回復効果が見られた。(KPO<sub>3</sub>)<sub>n</sub> では、高濃度になるほど吸光度残存率は上昇し、1000 μg/ml で 100.9%まで回復した。(NaPO<sub>3</sub>)<sub>n</sub> では、全ての濃度において回復効果が見られ、250 μg/ml から 1000 μg/ml では、100.0%前後まで回復した。



インジゴイド系である青色 2 号で 24 時間後の吸光度残存率を見ると、 $K_4P_2O_7$  では  $100 \mu g/ml$ 、 $Na_4P_2O_7$  では  $250 \mu g/ml$  でのみ回復効果が見られ、 $500 \mu g/ml$ 、 $1000 \mu g/ml$  ではいずれも 30.0%以下にまで退色を示した。 $Na_2H_2P_2O_7$ 、 $(KPO_3)_n$ 、 $(NaPO_3)_n$  ではいずれも、全ての濃度において効果が見られた。以上の結果より銅イオン添加による効果を見ると、黄色 4 号、5 号においては  $K_4P_2O_7$  は低濃度で、 $Na_4P_2O_7$ 、 $(NaPO_3)_n$  は  $250 \mu g/ml$ 、 $500 \mu g/ml$  で、 $Na_2H_2P_2O_7$  はすべての濃度において回復効果が見られた。 $(KPO_3)_n$  は、黄色 4 号では低濃度で、黄色 5 号では高濃度で回復効果が見られた。赤色 2 号、102 号では、 $Na_2H_2P_2O_7$  はすべての濃度において効果があり、それ以外のりん酸塩では  $250 \mu g/ml$  以上の高濃度において回復効果が見られた。青色 2 号では、 $K_4P_2O_7$ 、 $Na_4P_2O_7$  は低濃度で、それ以外のりん酸塩は全ての濃度において回復効果が見られた。このことから  $Na_2H_2P_2O_7$  は、銅イオンの添加により退色・変色が見られたアゾ系、インジゴイド系の色素に添加すると、その濃度にかかわらず、すべての濃度において回復効果が見られ、優れた変色・退色防止効果を有することが認められた。

次に鉄イオンの添加により影響を受けたキサンテン系色素の赤色 3 号、105 号、104 号 (図 10 ~12) およびインジゴイド系色素の青色 2 号 (図 13) について検討した。キサンテン系である赤色 3 号においては、 $K_4P_2O_7$  と  $Na_4P_2O_7$  の全ての濃度で添加直後から吸光度残存率は上昇したが、添加濃度が増すにつれて反応溶液は色調変化してオレンジ色に変色した。低濃度添加 ( $100 \mu g/ml$ ) では効果がみられ、反応 24 時間後の吸光度残存率はそれぞれ 102.6%、102.4%まで回復した。 $(KPO_3)_n$  は  $100 \mu g/ml$  の反応 24 時間後の吸光度残存率は 86.9%に上昇したが、高濃度では退色した。 $(NaPO_3)_n$  は全ての濃度で効果があり、 $500 \mu g/ml$  が最も高値で 94.6%を示した。赤色 105 号においては、 $K_4P_2O_7$  と  $Na_4P_2O_7$  の全ての濃度で添加直後から効果がみられ、 $1000 \mu g/ml$  の反応 24 時間後の吸光度残存率はそれぞれ 103.9%、106.8%まで上昇した。 $(NaPO_3)_n$  添加でも回復し、 $500 \mu g/ml$  の反応 24 時間後の吸光度残存率が最も高値で 88.8%を示した。インジゴイド系の青色 2 号においては、 $K_4P_2O_7$  と  $Na_4P_2O_7$  の添加により吸光度残存率は上昇しているが、高濃度になるにつれて鉄の色が出て反応溶液はオレンジ色に変色した。その他の添加物でも回復せず、この実験では全てのりん酸塩で効果はみられなかった。以上の結果をまとめると、鉄イオンの添加で影響のみられたキサンテン系の赤色 3 号においては、 $K_4P_2O_7$ 、 $Na_4P_2O_7$ 、 $(KPO_3)_n$  を低濃度添加した場合と、 $(NaPO_3)_n$  を添加した場合、また赤色 105 号においては  $K_4P_2O_7$ 、 $Na_4P_2O_7$ 、 $(NaPO_3)_n$  を添加した場合に回復がみられることが明らかとなった。しかしインジゴイド系の青色 2 号に対して効果が認められるりん酸塩はなかった。

次にすずイオンの添加により色調変化がみられた 10 種の色素に対するりん酸塩の添加効果を検討した。アゾ系色素である黄色 4 号 (図 14) においては、 $K_4P_2O_7$ 、 $Na_4P_2O_7$ 、 $Na_2H_2P_2O_7$ 、 $(KPO_3)_n$  では全濃度でやや添加効果が見られた。 $1000 \mu g/ml$  の 24 時間後の吸光度残存率は、69.3%、62.2%、53.4%、90.8%を示し、やや回復した。特に  $(KPO_3)_n$  では  $1000 \mu g/ml$  添加の 24 時間後の吸光度残存率は、90.8%と高い値を示し、全濃度の中でも特に添加効果があった。また  $(NaPO_3)_n$  では濃度増加に従い吸光度残存率が低下し、全濃度の 24 時間後の吸光度残存率は、69.7%、52.4%、42.8%、39.9%と徐々に低下した。黄色 5 号 (図 15) では、 $K_4P_2O_7$ 、



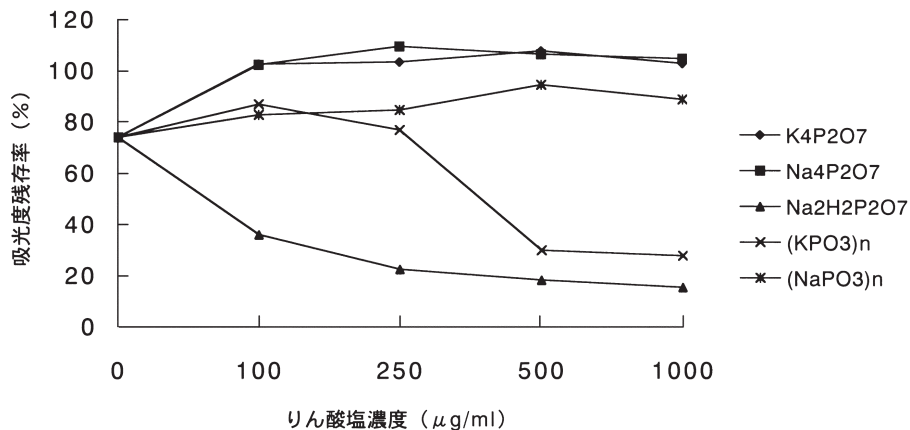


図10 塩化第二鉄添加食用赤色3号に対するりん酸塩の影響  
(塩化第二鉄 100 μg/ml、反応 24 時間後)

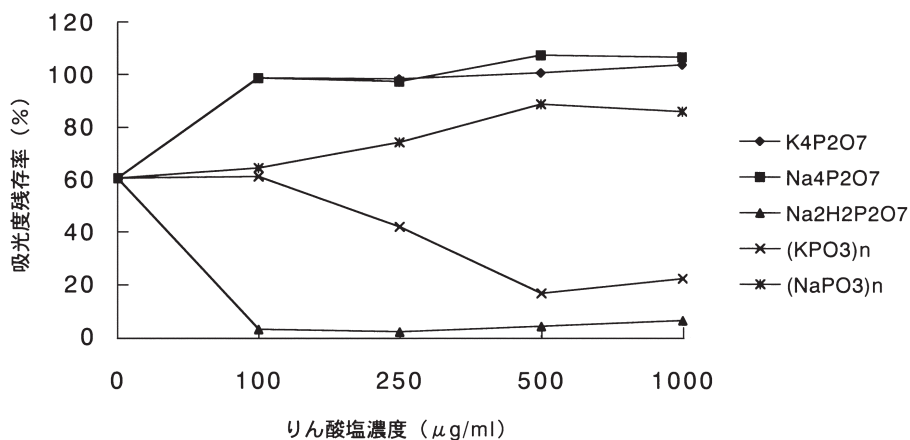


図11 塩化第二鉄添加食用赤色105号に対するりん酸塩の影響  
(塩化第二鉄 100 μg/ml、反応 24 時間後)

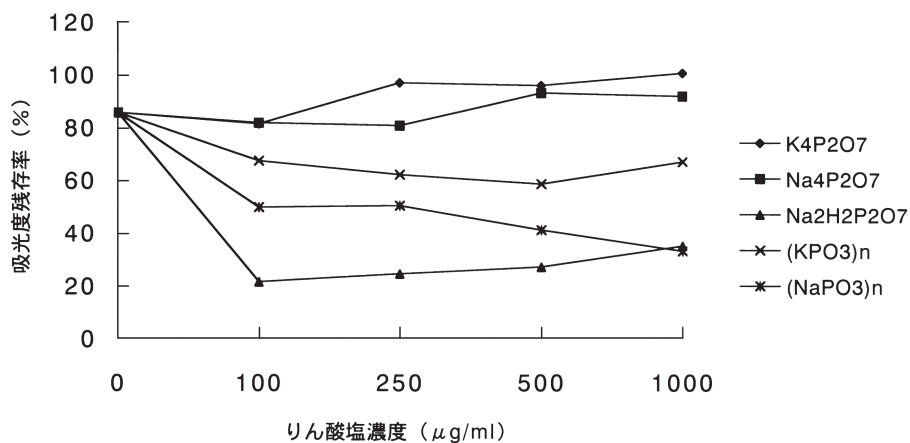


図12 塩化第二鉄添加食用赤色104号に対するりん酸塩の影響  
(塩化第二鉄 100 μg/ml、反応 24 時間後)

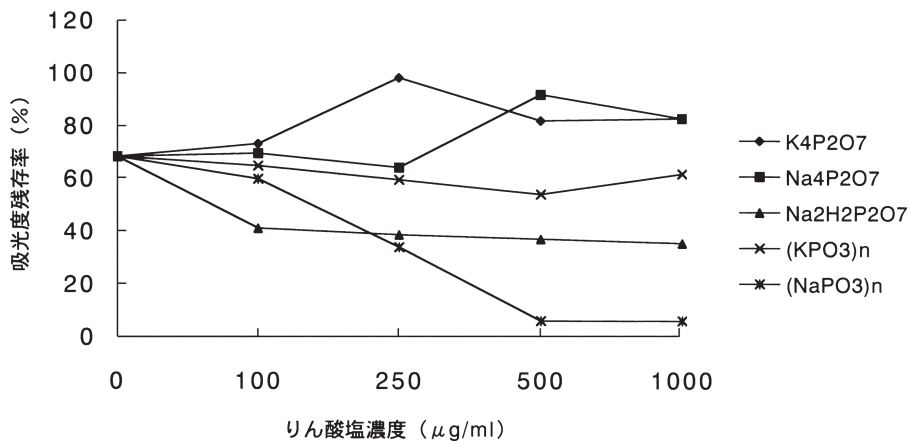


図13 塩化第二鉄添加食用青色2号に対するりん酸塩の影響  
(塩化第二鉄 100 µg/ml、反応 24 時間後)

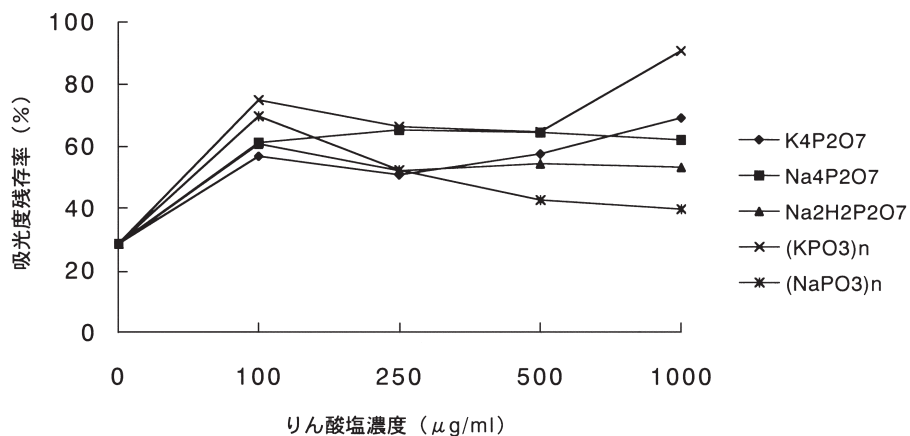


図14 塩化第一すず添加食用黄色4号に対するりん酸塩の影響  
(塩化第一すず 100 µg/ml、反応 24 時間後)

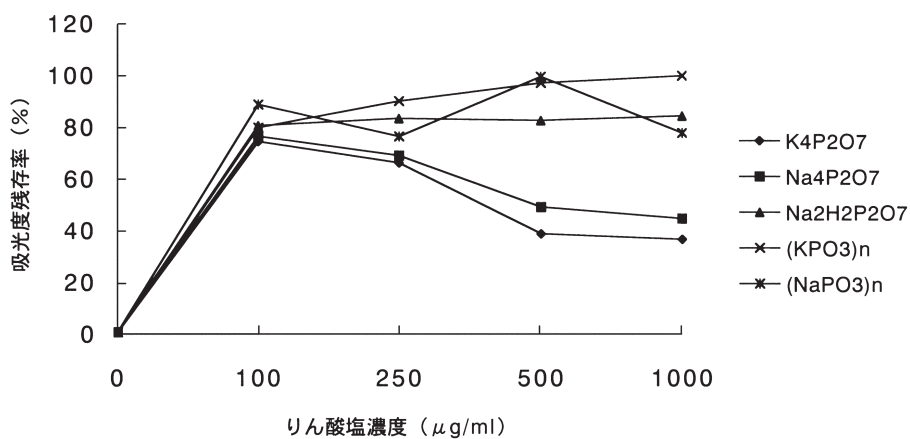


図15 塩化第一すず添加食用黄色5号に対するりん酸塩の影響  
(塩化第一すず 100 µg/ml、反応 24 時間後)

Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>では高濃度になるほど吸光度残存率は低下し、500、1000 μg/mlでは変色傾向を示した。Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>、(KPO<sub>3</sub>)<sub>n</sub>、(NaPO<sub>3</sub>)<sub>n</sub>では、すべての濃度で添加効果が見られ、1000 μg/mlの24時間後の吸光度残存率は84.5%、100.0%、77.9%を示し、ほぼ元の色に戻った。赤色40号(図16)においては、K<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>、Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>では低濃度ほどやや効果が見られ、100 μg/ml添加の24時間後吸光度残存率は各々68.8%、70.1%を示した。Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>、(KPO<sub>3</sub>)<sub>n</sub>、(NaPO<sub>3</sub>)<sub>n</sub>では、すべての濃度で添加効果が見られた。1000 μg/mlの24時間後の吸光度残存率は各々74.9%、77.6%、83.9%を示し、ほぼ元の色に戻った。赤色102号(図17)では、すべての添加物において添加直後から添加効果が見られ、1000 μg/mlの24時間後の吸光度残存率は、71.0%、64.6%、84.5%、115.8%、103.2%を示した。一方、キサンテン系である赤色3号、104号、105号(図18~20)では、K<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>、Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>では全ての濃度で、(NaPO<sub>3</sub>)<sub>n</sub>では100 μg/ml添加を除くすべての濃度で添加効果が見られた。このうち(NaPO<sub>3</sub>)<sub>n</sub>の1000 μg/ml添加系における24時間後の吸光度残存率は、各々99.2%、77.7%、96.5%であり、かなり色調が回復した。トリ

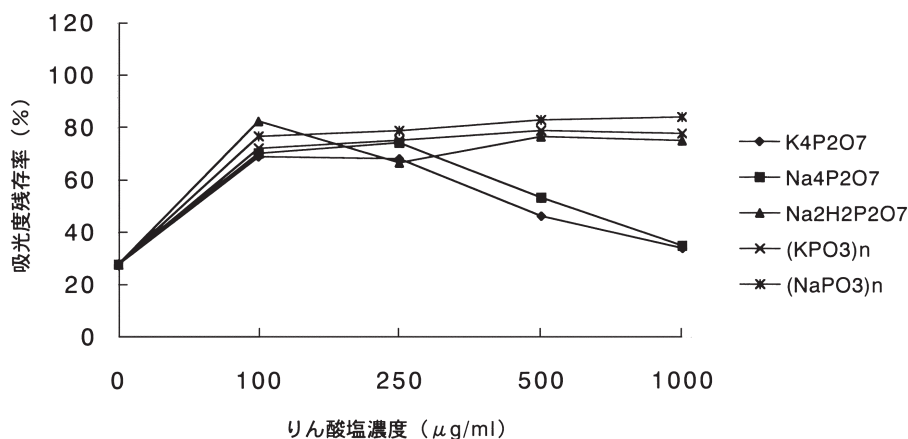


図16 塩化第一すず添加食用赤色40号に対するりん酸塩の影響 (塩化第一すず100 μg/ml、反応24時間後)

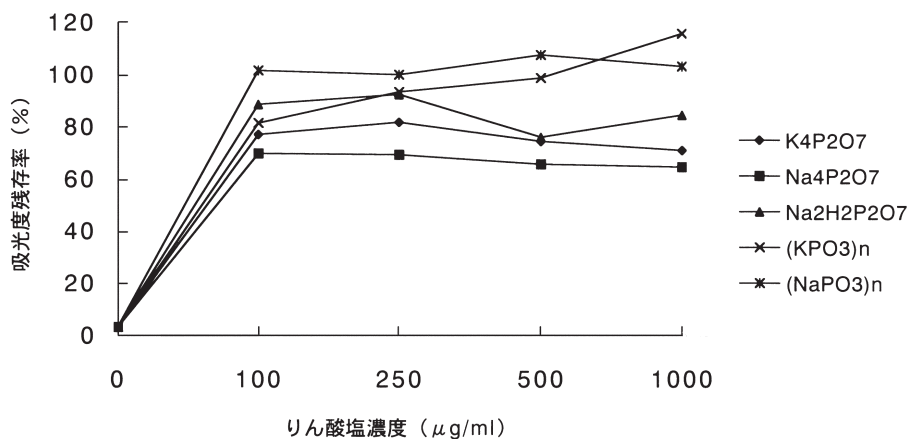


図17 塩化第一すず添加食用赤色102号に対するりん酸塩の影響 (塩化第一すず100 μg/ml、反応24時間後)

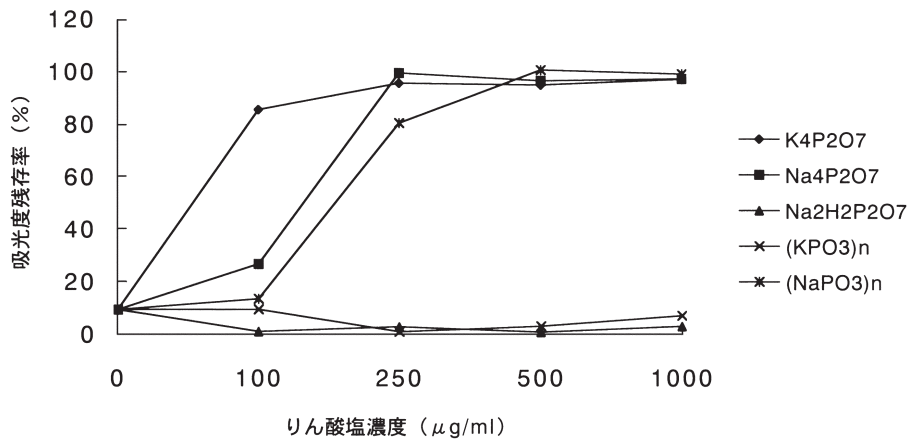


図 18 塩化第一不ず添加食用赤色 3 号に対するりん酸塩の影響  
(塩化第一不ず 100 µg/ml、反応 24 時間後)

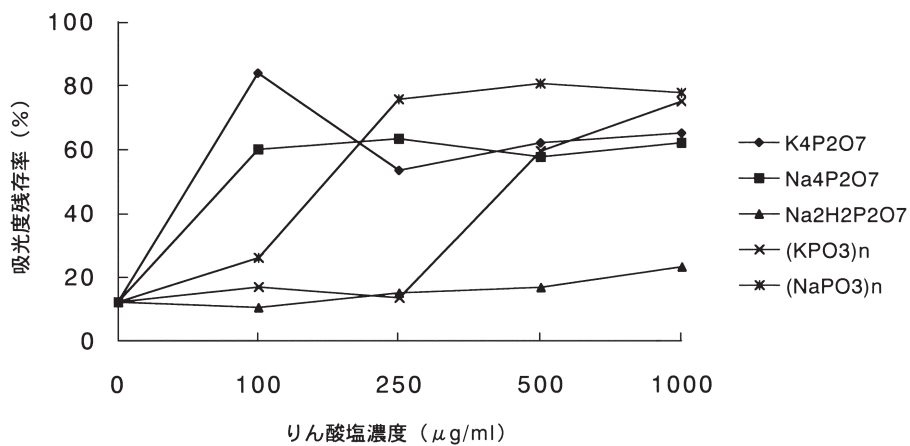


図 19 塩化第一不ず添加食用赤色 104 号に対するりん酸塩の影響  
(塩化第一不ず 100 µg/ml、反応 24 時間後)

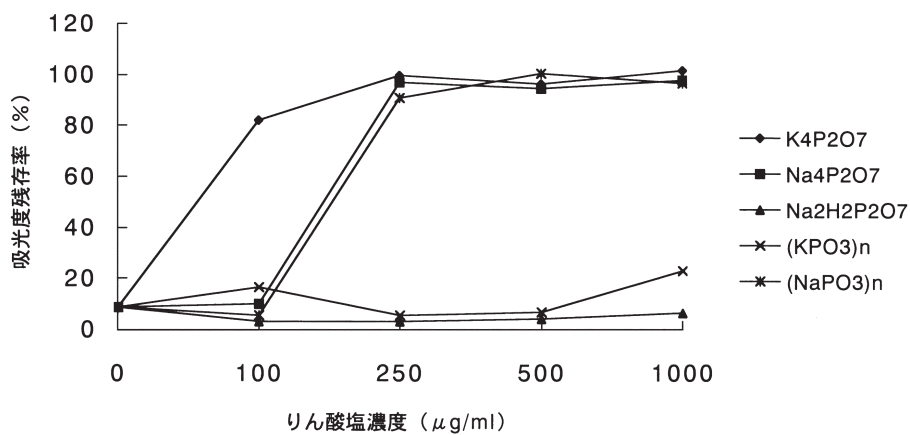


図 20 塩化第一不ず添加食用赤色 105 号に対するりん酸塩の影響  
(塩化第一不ず 100 µg/ml、反応 24 時間後)

フェルメタン系である青色 1 号 (図 21) では、 $K_4P_2O_7$ 、 $Na_4P_2O_7$  添加では肉眼的観察で元の色とほぼ同じ位の色調をするようになったが、添加濃度の増加に従い吸光度残存率は低下し、 $1000 \mu g/ml$  の 24 時間後の吸光度残存では、72.8%、69.0%とすず添加系の 24 時間後と同程度の値を示した。 $Na_2H_2P_2O_7$ 、 $(KPO_3)_n$ 、 $(NaPO_3)_n$  では、すべての濃度において添加効果が見られ、 $1000 \mu g/ml$  の 24 時間後の吸光度残存率では、101.3%、101.3%、94.8%と回復をし、元の色とほぼ同程度の色調を示し添加効果が見られた。アゾ系である赤色 2 号 (図 22)、インジゴイド系である青色 2 号 (図 23) では、 $K_4P_2O_7$ 、 $Na_4P_2O_7$  では低濃度ほどやや添加効果が見られ、 $100 \mu g/ml$  の 24 時間後の吸光度残存は、赤色 2 号では 37.3%、36.5%、青色 2 号では 74.6%、79.6%を示した。 $Na_2H_2P_2O_7$ 、 $(KPO_3)_n$ 、 $(NaPO_3)_n$  ではすべての濃度において効果がみられ、 $1000 \mu g/ml$  の 24 時間後の吸光度残存率は、赤色 2 号で 91.9%、84.5%、81.3%、青色 2 号で各々 89.9%、93.7%、97.1%と回復し、ほぼ元の色に戻った。以上の結果からアゾ系である黄色 4 号は  $K_4P_2O_7$ 、 $Na_4P_2O_7$ 、 $(KPO_3)_n$  では全濃度でやや効果が見られ、 $(KPO_3)_n$  では  $1000 \mu g/ml$  が特に効果があった。黄色 5 号では、 $K_4P_2O_7$ 、 $Na_4P_2O_7$  では低濃度ほど添加効果があり、 $Na_2H_2P_2O_7$ 、 $(KPO_3)_n$ 、 $(NaPO_3)_n$  では全ての濃度で添加効果が見られた。アゾ系である赤色 2 号、赤色 40 号、インジゴイド系である青色 2 号では、 $K_4P_2O_7$ 、 $Na_4P_2O_7$  では低濃度ほど添加効果が見られ、 $Na_2H_2P_2O_7$ 、 $(KPO_3)_n$ 、 $(NaPO_3)_n$  では全ての濃度で添加効果があった。キサンテン系の赤色 3 号、赤色 104 号、赤色 105 号では、 $K_4P_2O_7$ 、 $Na_4P_2O_7$  では全ての濃度で、 $(NaPO_3)_n$  では  $100 \mu g/ml$  を除く全ての濃度で添加効果があった。トリフェニルメタン系である青色 1 号では、 $Na_2H_2P_2O_7$ 、 $(KPO_3)_n$ 、 $(NaPO_3)_n$  では全ての濃度において添加効果があった。

次にアルミニウムイオン添加により退色が見られたアゾ系の赤色 2 号 (図 24)、キサンテン系の赤色 3 号、104 号、105 号 (図 25~27) およびインジゴイド系の青色 2 号 (図 28) に対し、5 種のりん酸塩添加効果について検討した。まず、キサンテン系の赤色 3 号と赤色 104 号は同じ傾向を示した。 $K_4P_2O_7$  では、その濃度に関わらず、24 時間後の吸光度残存率は赤色 3 号が 94.2%~97.8%、赤色 104 号が 100.3%~105.6%と回復効果が見られた。 $Na_4P_2O_7$  では添加濃度 250、500、 $1000 \mu g/ml$  で、赤色 3 号においては 98.6%~104.7%、赤色 104 号では 101.6%~106.2%と吸光度残存率は回復した。又、 $(NaPO_3)_n$  では、赤色 3 号が 500、 $1000 \mu g/ml$  の濃度で、赤色 104 号が 250~ $1000 \mu g/ml$  の濃度で回復効果が見られた。しかし、 $Na_2H_2P_2O_7$  と  $(KPO_3)_n$  は、その濃度に関わらず、どちらの色素にも回復効果は認められなかった。同じくキサンテン系の赤色 105 号では、ほぼ赤色 3 号、104 号と同じ傾向を示した。 $K_4P_2O_7$  と  $a_4P_2O_7$  では、250~ $1000 \mu g/ml$  で回復が認められた。 $(NaPO_3)_n$  の 500、 $1000 \mu g/ml$  でも吸光度残存率は 98.7%、96.8%を示し、回復効果が見られた。しかしながら  $100 \mu g/ml$  ではほぼ無色となり、添加効果は見られなかった。 $Na_2H_2P_2O_7$  および  $(KPO_3)_n$  では、24 時間後の吸光度残存率は低下し、添加効果は見られなかった。次にアゾ系の赤色 2 号とインジゴイド系の青色 2 号は、どちらもアルミニウムイオン添加でわずかな退色が見られた色素であるが、5 種全てのりん酸塩添加によって、その濃度に関わらず回復効果が見られ、24 時間後の吸光度残存率は赤色 2 号が 93.8%~104.7%、青色 2 号が 99.5%~111.0%であった。以上の実験結果をまとめると、アルミニウムイオン添加

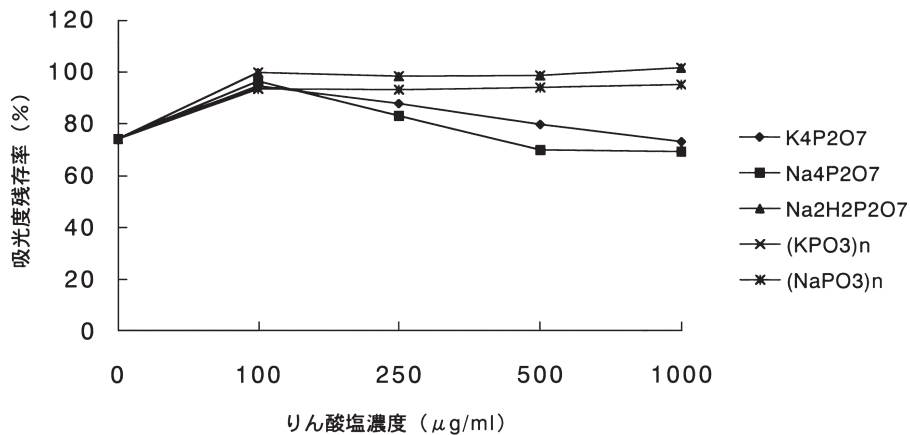


図 21 塩化第一すず添加食用青色 1 号に対するりん酸塩の影響 (塩化第一すず 100 µg/ml、反応 24 時間後)

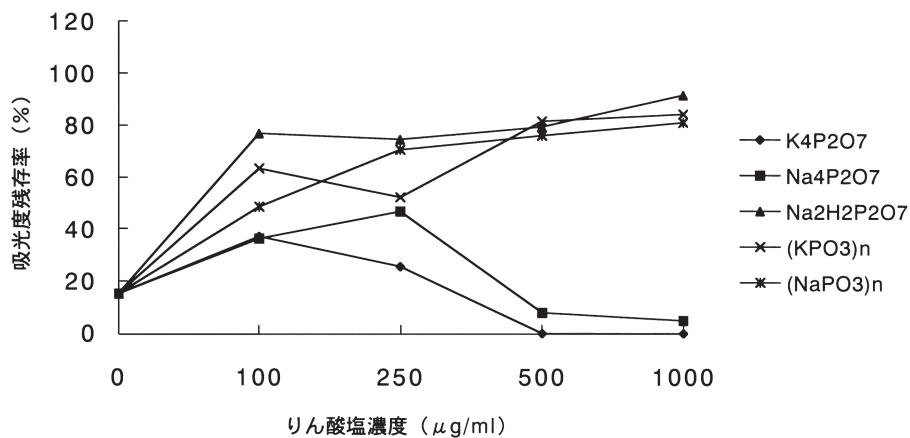


図 22 塩化第一すず添加食用赤色 2 号に対するりん酸塩の影響 (塩化第一すず 100 µg/ml、反応 24 時間後)

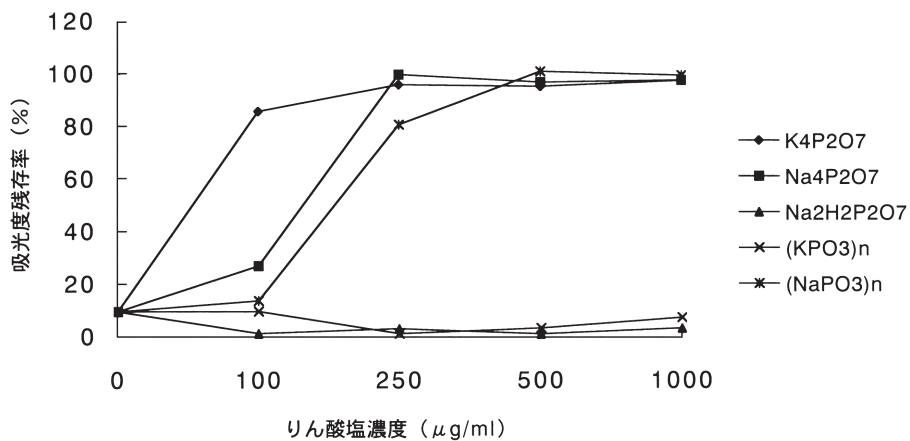


図 23 塩化第一すず添加食用赤色 3 号に対するりん酸塩の影響 (塩化第一すず 100 µg/ml、反応 24 時間後)

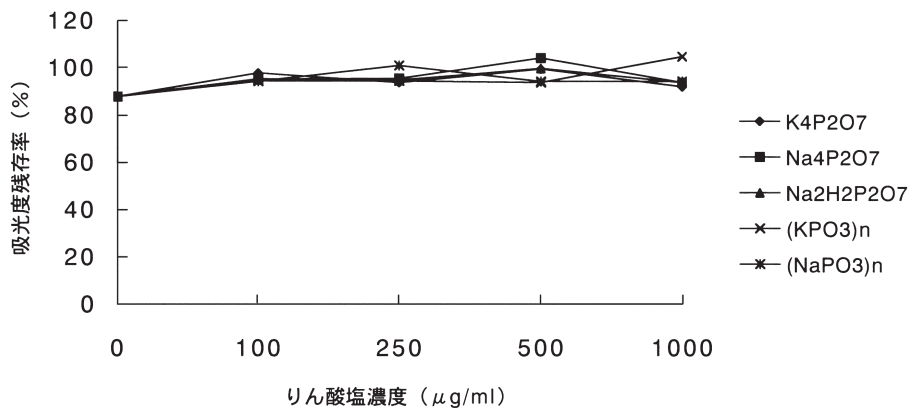


図 24 塩化アルミニウム添加食用赤色 2 号に対するりん酸塩の影響  
(塩化アルミニウム 100 µg/ml、反応 24 時間後)

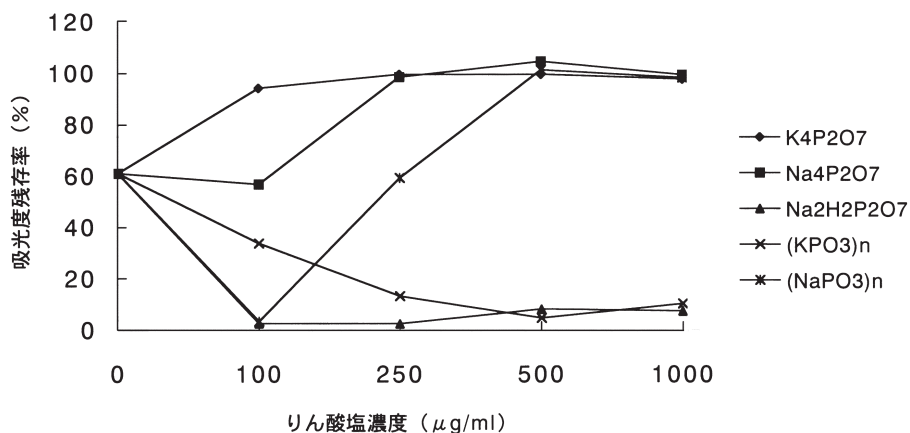


図 25 塩化アルミニウム添加食用赤色 3 号に対するりん酸塩の影響  
(塩化アルミニウム 100 µg/ml、反応 24 時間後)

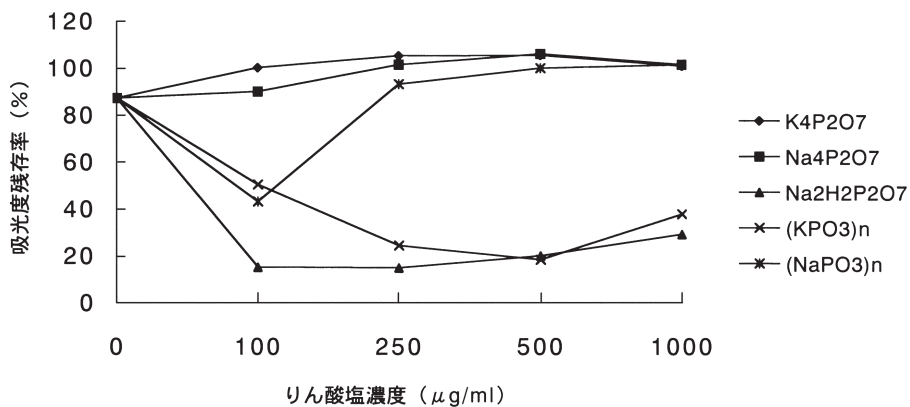


図 26 塩化アルミニウム添加食用赤色 104 号に対するりん酸塩の影響  
(塩化アルミニウム 100 µg/ml、反応 24 時間後)



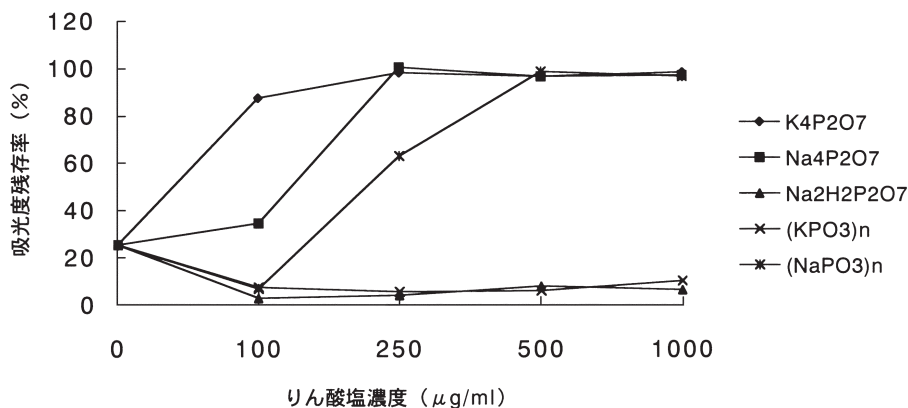


図 27 塩化アルミニウム添加食用赤色 105 号に対するりん酸塩の影響  
(塩化アルミニウム 100 µg/ml、反応 24 時間後)

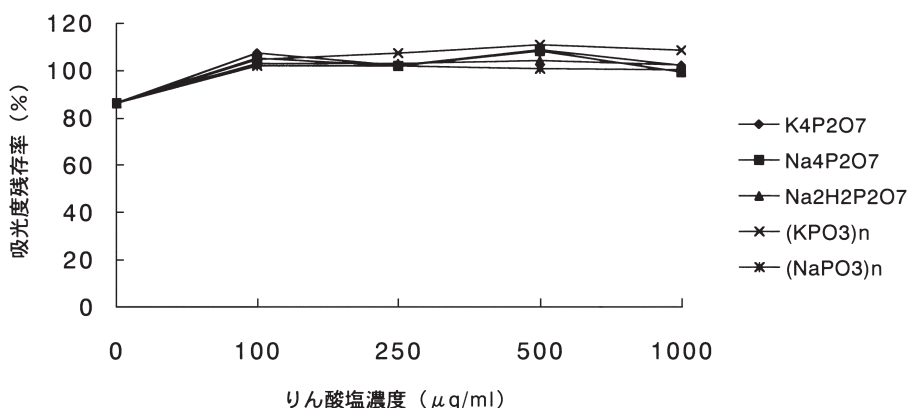


図 28 塩化アルミニウム添加食用青色 2 号に対するりん酸塩の影響  
(塩化アルミニウム 100 µg/ml、反応 24 時間後)

で影響の見られたキサントゲン系色素である赤色 3 号、赤色 104 号に対して、 $K_4P_2O_7$  はその濃度に関わらず添加効果があり、又、 $Na_4P_2O_7$  に関しては 100 µg/ml を除く濃度において効果があった。 $(NaPO_3)_n$  は、赤色 3 号では 500、1000 µg/ml が、赤色 104 号では 250、500、1000 µg/ml の濃度が添加効果があった。赤色 105 号では、 $K_4P_2O_7$  と  $Na_4P_2O_7$  の 100 µg/ml を除く濃度において効果があり、 $(NaPO_3)_n$  の 500、1000 µg/ml の濃度で効果があった。アゾ系の赤色 2 号とインジゴイド系の青色 2 号は、5 種全てのりん酸塩添加によって、その濃度に関わらず、添加効果が見られた。

今回の実験結果から、銅イオン添加で影響の見られたアゾ系色素では、5 種のりん酸塩の高濃度で回復を示した。特に  $Na_2H_2P_2O_7$  では全ての濃度で添加効果があり、インジゴイド系青色 2 号では  $Na_2H_2P_2O_7$ 、 $(KPO_3)_n$ 、 $(NaPO_3)_n$  の全濃度で添加効果があった。鉄イオン添加系で影響の見られたキサントゲン系色素の赤色 3 号、104 号、105 号では、 $K_4P_2O_7$ 、 $Na_4P_2O_7$ 、 $(NaPO_3)_n$  では 250 µg/ml で回復効果が見られ、インジゴイド系青色 2 号では低濃度で添加効果があった。

すずイオン添加で影響の見られたアゾ系色素の黄色4号、赤色102号では、5種のりん酸塩全ての濃度で回復効果があり、黄色5号、赤色2号、赤色40号では $K_4P_2O_7$ 、 $Na_4P_2O_7$ の低濃度で、 $Na_2H_2P_2O_7$ 、 $(KPO_3)_n$ 、 $(NaPO_3)_n$ では全ての濃度で回復効果が見られた。キサンテン系色素である赤色3号、赤色104号では、 $K_4P_2O_7$ 、 $Na_4P_2O_7$ で全ての添加濃度で回復効果を表わし、 $(NaPO_3)_n$ では $250\mu g/ml$ の濃度で効果があった。トリフェニルメタン系色素である青色1号では、 $K_4P_2O_7$ 、 $Na_4P_2O_7$ で $250\mu g/ml$ 以下で低濃度になるほど吸光度残存率が高く回復効果が見られ、 $Na_2H_2P_2O_7$ 、 $(KPO_3)_n$ 、 $(NaPO_3)_n$ では全濃度で添加効果があった。インジゴイド系色素である青色2号では、 $Na_2H_2P_2O_7$ 、 $(KPO_3)_n$ 、 $(NaPO_3)_n$ の全濃度で添加効果が見られた。アルミニウムイオン添加で影響の見られたアゾ系色素赤色2号、トリフェニルメタン系色素青色2号では、5種のりん酸塩の全濃度で回復効果が見られ、キサンテン系色素である赤色3号、104号、105号では $K_4P_2O_7$ 、 $Na_4P_2O_7$ では全ての濃度で、 $(NaPO_3)_n$ では $250\mu g/ml$ 以上の濃度で添加効果が見られた。

このように、各種の金属イオンの添加により生じたタール色素の退色、変色は、今回実験に供した5種のりん酸塩で効果的に防止されうることが明かとなった。

実験に協力頂きました柿葉浩子さん、坂本一世さん、高橋裕子さん、西山あづみさんに感謝します。

#### IV. 参考文献

- 1) 日本薬学会編 (2000)：“衛生試験法・注解”、p 665、金原出版。
- 2) 藤井清次、林敏夫、慶田雅洋編 (1997)：“食品添加物ハンドブック (第二版)”、p 184、光生館。
- 3) 石館守三、鈴木郁生、谷村顕雄監修 (1999)：“第七版食品添加物公定書解説書”、D-661、廣川書店。
- 4) 神藤光野、打田良樹、柴田正、伊藤誉志男：日本家政学会関西支部第13回研究発表会講演要旨集、p 12 (1991)
- 5) 打田良樹、神藤光野：大阪樟蔭女子大学論集、35、111 (1998)。
- 6) 打田良樹、神藤光野：大阪樟蔭女子大学論集、36、91 (1999)。
- 7) 神藤光野、打田良樹：大阪樟蔭女子大学論集、38、101 (2001)。
- 8) 神藤光野、打田良樹：大阪樟蔭女子大学論集、39、79 (2002)。